



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κατάγματα κόπωσης

(επιδημιολογία, πρόληψη & αποκατάσταση)

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΒΑΡΝΤΑΠΕΤΙΑΝ

ΣΕΜΙΝΑ ΚΟΥΡΟΥΤΖΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΔΡ. ΗΛΙΑΣ ΤΣΕΠΗΣ

ΑΙΓΙΟ-2016

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε θερμά τον καθηγητή Δρ. Τσέπη Ηλία κυρίως για την υπομονή που έκανε αλλά και την εμπιστοσύνη που μας έδειξε κατά τη διάρκεια της υλοποίησης της πτυχιακής μας εργασίας και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του σε διάφορα ζητήματα. Έπειτα να ευχαριστήσουμε από καρδιάς φίλους και συνάδελφους για την βοήθεια τους ως προς την μετάφραση κάποιων άρθρων και την βοήθεια τους στην αναζήτηση επιστημονικών άρθρων. Θα θέλαμε επίσης να απευθύνουμε τις ευχαριστίες μας στους γονείς μας, οι οποίοι στήριξαν τις σπουδές μας με κάθε πιθανό τρόπο.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη και η διερεύνηση των καταγμάτων κόπωσης, της επιδημιολογίας, της πρόληψης και της αποκατάστασης αλλά και τις φυσιοθεραπευτικές παρεμβάσεις που απαιτούνται.

Πρόκειται για κακώσεις που η αποκατάστασή τους είναι σχετικά μεγάλης διάρκειας και έτσι οι επιπτώσεις είναι σημαντικές αν και η συχνότητα στον συνολικό πληθυσμό είναι μικρή.

Βασική αιτία των καταγμάτων κοπώσεως είναι το επαναλαμβανόμενο μικρό στρες. Είναι πολύ συχνά σε αθλήματα, όπως στο ποδόσφαιρο, στο στίβο, στο διπλούν και στο άλμα αλλά και στους φαντάρους. Εντοπίζονται κυρίως στα μετατόρσια, κνήμη, περόνη και μηρό.

Η φυσιοθεραπευτική παρέμβαση είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς σκοπό έχει να βοηθήσει στην ενδυνάμωση του ασθενή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	2
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
Σκοπός εργασίας.....	9
Ιστορική αναδρομή.....	9
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο: Η ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΟΣΤΟΥ	12
1.1 Κύτταρα Οστίτη Ιστού	12
1.2 Εξωκυτάρια ουσία.....	13
1.3 Δομή οστού	14
1.4 Εμβιομηχανική των Οστών	15
1.5 Φυσιολογική απάντηση στα φορτία	20
1.6 Οστική Μικρο-κάκωση	22
1.7 Απάντηση σε υπερβολικά φορτία	23
1.8 Επιταχυνόμενη αναδιαμόρφωση	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο: ΚΑΤΑΓΜΑΤΑ ΚΟΠΩΣΕΩΣ	25
2.1 Ορισμός-επιδημιολογία.....	25
2.1.1 Συχνότητα καταγμάτων κόπωσης.....	26
2.2 Παράγοντες που σχετίζονται με τη δημιουργία καταγμάτων κοπώσεως.....	27
2.2.1 Ορμονικοί Παράγοντες Επικινδυνότητας.....	28
2.2.2 Διατροφικοί Παράγοντες Επικινδυνότητας.....	29
2.2.3 Οστική Ανακατασκευή.....	30

2.2.4 Μυϊκή ελαστικότητα και εύρος τροχιάς της κίνησης και μυϊκή δύναμη και αντοχή.....	30
2.2.5 Μέγεθος και σύνθεση του σώματος.....	31
2.2.6 Οστική πυκνότητα.....	31
2.2.7 Γεωμετρία του Οστού	32
2.2.8 Σκελετική Ευθυγράμμιση.....	33
2.3 Κλινική εικόνα.....	34
2.4 Κλινική διάγνωση.....	36
2.4.1 Διαγνωστική Προσπέλαση	36
2.4.2 Διαφορική Διάγνωση	38
2.5 Απεικονιστικές μέθοδοι.....	42
2.6 Θεραπεία.....	42
2.7 Ο ρόλος της άσκησης στην πρόληψη των καταγμάτων κοπώσεως.....	44
2.7.1 Η καλή φυσική κατάσταση ως μέσο πρόληψης.....	45
2.7.2 Η εκμετάλλευση της προσαρμοστικής ικανότητας του οστού για τη μείωση της συχνότητας των καταγμάτων κοπώσεως.....	46
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: ΠΡΟΛΗΨΗ ΚΑΤΑΓΜΑΤΩΝ ΚΟΠΩΣΕΩΣ.....	50
3.1 Πρόληψη για αθλητές.....	50
3.2 Αμερικάνικο μοντέλο πρόληψης καταγμάτων κόπωσης.....	50
3.2.1 Αμερικάνικο μοντέλο πρόληψης καταγμάτων κόπωσης για ανθρώπους που αθλούνται	51
3.2.2 Πρόληψη σε γυναίκες με οστεοπόρωση	51

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: ΦΥΣΙΟΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΕ ΚΑΤΑΓΜΑΤΑ ΚΟΠΩΣΕΩΣ	52
4.1 Προληπτική φυσιοθεραπεία	52
4.1. 1 Φυσιοθεραπευτική προσέγγιση σε περίπτωση κατάγματος.....	53
4.2 Πρωτόκολλο φυσιοθεραπευτικής παρέμβασης.....	58
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	68
ΕΠΙΛΟΓΟΣ	72
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	73
Ελληνόγλωσση	73
Ξενόγλωσση	73

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ως κατάγματα κόπωσης ορίζονται τα κατάγματα εκείνα που γίνονται λόγω μικρής πίεσης η οποία δε δικαιολογεί τη δημιουργία του κατάγματος. Σαν αίτιο, θεωρείται το επαναλαμβανόμενο μικρό στρες και κατά συνέπεια δεν έχουν καμία σχέση με τα παθολογικά κατάγματα. Είναι πολύ συχνά σε αθλήματα, όπως στο ποδόσφαιρο, στο στίβο, στο διπλούν και στο άλμα αλλά και στους φαντάρους. Εντοπίζονται κυρίως στα μετατάρσια, κνήμη, περόνη και μηρό.

Πολλές φορές όμως τα κατάγματα κόπωσης διαφεύγουν της προσοχής του ορθοπαιδικού λόγω της αρνητικής ακτινογραφίας στα αρχικά στάδια. Ο ασθενής στην αρχή παραπονιέται για πόνο στο σημείο του κατάγματος, και στην περίπτωση των καταγμάτων των μεταταρσίων, ο πόνος αυτός εντοπίζεται στη ραχιαία επιφάνεια του δευτέρου μεταταρσίου, ο οποίος αυξάνει την ώρα της προσπάθειας και κατά το τέλος αυτής, ενώ με την ανάπαυση υποχωρεί. Υπάρχει ευαισθησία και οίδημα στο ύψος του αυχένα του 2ου μεταταρσίου. Συνήθως, ο ασθενής δεν πηγαίνει αμέσως στο γιατρό αλλά μετά από ημέρες, δηλαδή όταν έχει σχηματιστεί ο πόρος, οπότε ψηλαφείται μία σκληρία, η οποία μπορεί να δώσει την εντύπωση οστικού όγκου.

Σκοπός επομένως της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη και η διερεύνηση των καταγμάτων κόπωσης, της επιδημιολογίας, της πρόληψης και της αποκατάστασης.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα κατάγματα καταπόνησης ή κόπωσης και η περιοστίτιδα αναφέρονται σε συνήθεις παθήσεις των άνω και των κάτω άκρων που παρουσιάζονται σε αθλητές και αθλούμενους και αποτελούν αίτια πρόκλησης σημαντικού πόνου και οδηγούν συχνά σε διακοπή της άθλησης (Craig, 2008).

Το σύνδρομο καταπόνησης χαρακτηρίζεται από πόνο και απώλεια της λειτουργικότητας σε ένα τμήμα ή σε μία περιοχή του σώματος και οφείλεται σε συχνή και επαναλαμβανόμενη ή σημαντική καταπόνηση, η οποία υπερβαίνει την αντοχή της συγκεκριμένης περιοχής στη μηχανική φόρτιση (Γιαννακόπουλος, 2011).

Η συνεχής καταπόνηση των οστών αλλά και των μυών και των τενόντων προκαλεί ακόμα και υπό φυσιολογικές συνθήκες τραυματισμό ή διαταραχή στην λειτουργία των δομών αυτών. Εάν οι ομοιοστατικοί και επιδιορθωτικοί μηχανισμοί που διαθέτουν το οστό, οι μύες ή οι τένοντες λειτουργούν φυσιολογικά οι βλάβες αυτές αποκαθίστανται πλήρως. Εάν οι τοπικοί επουλωτικοί μηχανισμοί δεν λειτουργούν κατάλληλα ή εάν η καταπόνηση και ο τραυματισμός του οστού ξεπερνά τη δυνατότητα επιδιόρθωσης τότε προκαλούνται μόνιμες βλάβες στη λειτουργία του ιστού οι οποίες αυξάνουν και αθροίζονται, δημιουργώντας διαταραχή στη λειτουργία της πάσχουσας περιοχής αλλά και ολόκληρου του σώματος (Γιαννακόπουλος, 2011).

Οι κακώσεις από καταπόνηση παρουσιάζονται συνήθως σε αθλούμενους στους οποίους η καταπόνηση υπερβαίνει το όριο αντοχής του οστού και των τενόντων ή σε αυτούς που αυξάνουν πολύ γρήγορα την ένταση, τη συχνότητα ή τη διάρκεια της καταπόνησης. Νεαρές αθλήτριες οι οποίες παρουσιάζουν διαταραχές ή διακοπή της περιόδου (αμηνόρροια) σε συνδυασμό με ανεπαρκή σίτιση ή διαταραχές της όρεξης είναι ιδιαίτερα ευάλωτες σε κατάγματα κόπωσης ή άλλες σοβαρότερες βλάβες. Άλλες περιπτώσεις στις οποίες είναι παρατηρούνται κατάγματα κόπωσης είναι η αλλαγή του προπονητικού χώρου, όπως σε τενίστες οι οποίες αρχίζουν να παίζουν από χωμάτινα γήπεδα σε γήπεδα από ταρτάν, ο ανεπαρκής εξοπλισμός, όπως σε δρομείς που φορούν φθαρμένα ή λιγότερο εύκαμπτα υποδήματα και πάνω απ'όλα η αυξημένη καταπόνηση, όπως παρατηρείται π.χ. σε καλαθοσφαιριστές οι οποίοι κερδίζουν πολύ μεγαλύτερο χρόνο συμμετοχής στον αγώνα (Γιαννακόπουλος, 2011).

Τα κατάγματα από καταπόνηση διακρίνονται σε κατάγματα κόπωσης και κατάγματα από ανεπάρκεια του οστού. Τα κατάγματα κόπωσης προκαλούνται από την εφαρμογή σημαντικών και επαναλαμβανόμενων καταπονήσεων ενώ τα κατάγματα από ανεπάρκεια οφείλονται σε συνήθη καταπόνηση οστού που δεν είναι φυσιολογικό. Τα κατάγματα κόπωσης αναφέρθηκαν για πρώτη φορά από τον Αριστοτέλη και εκ νέου περιγράφηκαν στα μέσα του 19ου αιώνα όταν ενοχοποιήθηκαν ως αίτιο πόνου στο πόδι σε στρατιώτες ιδίως μετά από παρατεταμένες πορείες (Γιαννακόπουλος, 2011).

Σκοπός εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των καταγμάτων κόπωσης και συγκεκριμένα η διερεύνηση της επιδημιολογίας, της πρόληψης και της αποκατάστασης τους.

Ιστορική αναδρομή

Τα κατάγματα κοπώσεως αναφέρθηκαν για πρώτη φορά το 1855 από τον Breithoupt ένα Πρώσο στρατιωτικό φυσικό, που περιέγραψε ένα επώδυνο πόδι που σχετίζεται με την βάδιση. Με την έκρηξη της χρήσης δρομικών δραστηριοτήτων ως μέσον καλής φυσικής κατάστασης, που άρχισε στην δεκαετία του 1960, ο ίδιος τύπος κατάγματος άρχισε να παρατηρείται στους δρομείς. Εκείνη την περίοδο ο όρος κάταγμα κοπώσεως παρουσίασε ευρύτερη χρήση. Τα κατάγματα κοπώσεως κατατάσσονται στους πιο συχνούς τραυματισμούς που συμβαίνουν στους αθλητές. Είναι μια αιτία ανικανότητας, αλλά η ανικανότητα αυτή είναι συνήθως σύντομη (Ραφαηλίδης και συν., 2009).

Το κάταγμα κοπώσεως (Εικόνες 1-2) ορίζεται ως ένα τμηματικό ή ολοκληρωμένο κάταγμα οστού που οφείλεται στην ανικανότητα-ανεπάρκεια αυτού να αντεπεξέλθει στην όχι βίαιη φόρτιση που εφαρμόζεται όμως με ρυθμικό και επαναλαμβανόμενο τρόπο². Ο όρος κάταγμα κοπώσεως έχει καθιερωθεί σαν μια κλινική οντότητα που περιλαμβάνει ένα σε αυτή την διαταραχή γίνεται μέσω της διαδικασίας αναδιαμόρφωσης αυτού. Όταν όμως δεν δοθεί στο καταπονημένο οστό ο απαιτούμενος χρόνος γι' αυτή την επιδιορθωτική διαδικασία, πριν επαναληφθεί επιπρόσθετος μικροτραυματισμός, δεδομένου του μειωμένου ορίου αντοχής αυτού, το μέγεθος του φορτίου ή ο αριθμός των επαναλήψεων που απαιτούνται για να προκληθεί το κάταγμα μειώνεται σημαντικά. (Ραφαηλίδης και συν., 2009).



Εικόνα 1: Απλή φωτογραφία που δείχνει ενεργητική σκλήρυνση κατάγματος κοπώσεως κνήμης σε ανήλικο δρομέα

Πηγή: Guten G., Running Injuries, 1997:37



Εικόνα 2: Κάταγμα κοπώσεως κνήμης (άνω τριτημόριο)

Πηγή : Wheelless' Textbook of Orthopaedics. Tibial Stress Fractures. Last updated 23/01/2009. www.wheelsonline.com/ortho/tibial_stress_fractures

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο: Η ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΟΣΤΟΥ

Ο οστίτης ιστός αποτελείται κατά το 1/3 από **οργανικό τμήμα** (organic component) και κατά τα 2/3 από **ανόργανο τμήμα** (inorganic component). Τα οστικά κύτταρα αποτελούν το 2% του οργανικού τμήματος. Το υπόλοιπο 98% αντιστοιχεί στη θεμέλια ουσία που με τους κρυστάλλους φωσφορικού ασβεστίου του ανόργανου τμήματος αποτελούν την εξωκυττάρια ουσία (Χατζηπαπάς, 2007).

1.1 Κύτταρα Οστίτη Ιστού

Ο οστίτης ιστός είναι ένας ιδιαίτερης σημασίας συνδετικός ιστός που αποτελείται από κύτταρα και θεμέλια ουσία. Έχει σειρά σπουδαίων λειτουργιών, οι κυριότερες των οποίων είναι: η στήριξη των μαλακών ιστών, η πρόστασα ζωτικών οργάνων (π.χ. εγκέφαλος), η παραγωγή αίματος και η δράση των οργάνων του ως μοχλών για τις διάφορες κινήσεις (μετάδοση μηχανικών δυνάμεων που εξασκούνται από τους μύς). Η θεμέλια ουσία του οστίτη είναι εφραλατωμένη από υδροξυαπατίτη $[Ca_{10}(PO)_4(OH)_2]$, με αποτελεσματικά να τον καθιστά εξαιρετικά σκληρό και ανθεκτικό. Ακόμη ο οστίτης είναι αγγειοβριθής. Ο οστίτης ιστός αυξάνεται μόνο με απόθεση νέου οστού, ενώ δεν παρατηρείται ενδιάμεση ανάπτυξη. Αυτό είναι αποτελεσματικά του ότι τα οστεοκύτταρα δεν πολλαπλασιάζονται και η συμπαγής (ασβεστοποιημένη) μεσοκυτταρική ουσία δεν μπορεί να επεκταθεί. Έτσι η οστική ανάπτυξη γίνεται μόνο με την απόθεση νέου υλικού πάνω σε προϋπάρχον.

Η κύρια λειτουργία τους είναι να συνθέτουν και να εκκρίνουν την οργανική ουσία του οστού. Όταν οι οστεοβλάστες σταματούν να δημιουργούν οστό, μπορούν να παραμείνουν στην επιφάνειά του, μειώνοντας παράλληλα την συνθετική τους δραστηριότητα και λέγονται τότε **κύτταρα επιφάνειας** (bone-lining cells). Ειδικά περιβάλλονται από θεμέλια ουσία και μετατρέπονται σε **οστεοκύτταρα**. Συγκρινόμενα με τους οστεοβλάστες, τα κύτταρα επιφάνειας είναι πιο επιμήκη και περιέχουν λιγότερα οργανίδια. Ο κύριος ρόλος τους είναι να συστέλλονται και να εκκρίνουν ένζυμα που απομακρύνουν το λεπτό στρώμα οστεοειδούς που καλύπτει τη μεταλλωμένη οργανική ουσία (Χατζηπαπάς, 2007).

Οι **οστεοκλάστες** στη συνέχεια μπορούν να προσκολληθούν και να ξεκινήσουν την οστική απορρόφηση (Χατζηπαπάς, 2007).

Τα **οστεοκύτταρα** αποτελούν το περισσότερο του 90% των κυττάρων στο σκελετό του ενήλικα. Είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους, αλλά και με ενεργούς οστεοβλάστες και κύτταρα επιφάνειας με μεγάλο αριθμό κυτταροπλασματικών προεξοχών οι οποίες βρίσκονται σε κανάλια (canaliculi) μέσα στη θεμέλια ουσία.³ Οι διασυνδέσεις αυτές είναι πιθανόν να καθιστούν δυνατά τα κύτταρα να αντιλαμβάνονται τις παραμορφώσεις που επιφέρουν στο οστό τα μηχανικά φορτία και να συντονίζουν τη διεργασία της οστικής διαμόρφωσης. Οι οστεοκλάστες προέρχονται από εξωσκελετικά, αιματοποιητικά αρχέγονα κύτταρα. Είναι ευμεγέθη, ευκίνητα, πολυπύρρηνα και ανευρίσκονται σε οστικές επιφάνειες που υπόκεινται σε απορρόφηση. Για να απορροφήσουν τη θεμέλια ουσία οι οστεοκλάστες προσκολλούνται στη επιφάνεια του οστού και δημιουργούν ένα όξινο περιβάλλον εκκρίνοντας πρωτόνια και ένζυμα (Χατζηπαπάς, 2007).

1.2 Εξωκυτάρια ουσία

Η εξωκυτάρια ουσία του οστού αποτελείται τόσο από οργανικούς όσο και από ανόργανους παράγοντες.

Το **ανόργανο τμήμα** συμβάλλει στο 65% του υγρού βάρους του οστού και αποτελείται κυρίως από ασβέστιο και φώσφορο σε **κρυστάλλους υδροξυαπατίτη**: $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Άλλα ιόντα που ανιχνεύονται στην εξωκυτάρια ουσία του οστού, σε μικρότερες ποσότητες είναι ο άνθρακας, το άζωτο, το χλώριο, το μαγνήσιο και το φθόριο. Το ανόργανο τμήμα επιτελεί δύο βασικές λειτουργίες: χρησιμεύει ως αποθήκη ιόντων και συμβάλλει κύρια στη δύναμη και την ακαμψία του οστού.

Το **οργανικό τμήμα** αποτελείται από **ινίδια κολλαγόνου** και μία μεσινίδια **θεμέλια ουσία** την οποία συνθέτουν περισσότερες από 200 **μη κολλαγονικές πρωτεΐνες** όπως η οστεοκαλσίνη, η οστεονεκτίνη, η οστεοποντίνη και άλλες γλυκοπρωτεΐνες. Τα οργανικά αυτά συστατικά δίνουν στο οστό την ελαστικότητα και την ευκαμψία του και τα μακρομόρια φαίνεται να συμβάλλουν στην δομή και στη λειτουργική του ποιότητα. Το μεγαλύτερο μέρος της οργανικής ουσίας παράγεται από τους οστεοβλάστες και το κολλαγόνο τύπου **I** παρατηρείται σε μεγαλύτερη αφθονία. Τα **μόρια του κολλαγόνου** εκκρίνονται στον εξωκυττάριο χώρο ως προκολλαγόνο. Μετά συγκροτούνται σε ινίδια

τα οποία κατανέμονται στο χώρο έτσι ώστε να διευκολύνεται η επικάλυψη του ασβεστίου και των φωσφορικών κρυστάλλων.

1.3 Δομή οστού

Ο ανθρώπινος σκελετός αποτελείται από: α. μακρά αυλοειδή οστά, β. πλατιά οστά και γ. βραχέα οστά.

Μακροσκοπική Υφή

α. Τα **μακρά-αυλοειδή** οστά μακροσκοπικά αποτελούνται από το περίοστεο, τη φλοιώδη μοίρα, τη σπογγώδη μοίρα και τον αυλό.

Το σώμα ή διάφυση είναι κυλινδρικό, ενώ τα άκρα ή επιφύσεις είναι περισσότερο ογκώδεις και παρουσιάζουν λείες αρθρικές επιφάνειες με τις οποίες συνδέονται με τα γειτονικά οστά. Παραδείγματα αποτελούν η κνήμη και τα μετατόρσια.

β. Τα **πλατιά οστά** στερούνται αυλού. Παρουσιάζουν μία έσω επιφάνεια κοίλη, και μία έξω κυρτή. Αποτελούνται από δύο πλάκες συμπαγούς οστού μεταξύ των οποίων βρίσκεται το σπογγώδες οστό. Παραδείγματα αποτελούν η ωμοπλάτη και το στέρνο.

γ. Τα **βραχέα οστά** έχουν σχήμα κυβικό και είναι πολύ μικρά. Παρουσιάζουν συνήθως μεγάλο αριθμό αρθρικών επιφανειών. Αποτελούνται εξωτερικά από μία λεπτή στιβάδα συμπαγούς οστού και εσωτερικά από σπογγώδες οστό. Παραδείγματα αποτελούν ο αστράγαλος και το σκαφοειδές του τάρσου.

Φλοιώδης μοίρα.

Η βασική δομική μονάδα της φλοιώδους μοίρας του οστού είναι ο οστεώνας. Αποτελείται από μία σειρά ομόκεντρων πεταλίων από μεταλλωμένη ουσία που περιβάλλουν ένα κεντρικό αυλό, τον σωλήνα Havers, είναι παράλληλα με τον επιμήκη άξονα του οστού και διελαύνονται από σωλήνες που περιέχουν αγγεία και νεύρα. Επίσης, οι σωλήνες του Volkmann είναι και αυτοί αγγειονευροφόροι, διαφέρουν όμως από τους προηγούμενους στο ότι τα τοιχώματά τους δεν είναι ομόκεντρα, αλλά ακανόνιστα και είναι τοποθετημένοι λοξά ή εγκάρσια έτσι ώστε να αναστομώνουν τους σωλήνες του Havers.

Σπογγώδης μοίρα.

Η σπογγώδης οστέινη ουσία αποτελείται από οστέινα πετάλια και δοκίδες με ακανόνιστο προσανατολισμό. Ανάμεσα στα πετάλια και στις δοκίδες υπάρχουν χώροι

που ονομάζονται μυελοκυψέλες. Οι οστεώνες χωρίζονται μεταξύ τους από λεπτές στιβάδες οργανικής ουσίας.

Το 80% του σκελετού αφορά το συμπαγές, σκληρό, εξωτερικό περίβλημα, τον φλοιό (φλοιώδης μοίρα του οστού). Το υπόλοιπο 20% αφορά το σπογγώδες οστό (σπογγώδης μοίρα), ένα δίκτυο από οστείνες κυψέλες επί τα εντός του φλοιώδους περιβλήματος.

Οι δύο τύποι οστού συνυπάρχουν σε διαφορετικό ποσοστό σε κάθε συγκεκριμένο οστό και έχουν διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες.

Συγκρινόμενο με το φλοιώδες, το σπογγώδες οστό έχει μεγαλύτερη πορώδη υφή και είναι λιγότερο ικανό να αντέξει φορτία. Επίσης, ο λόγος επιφάνεια προς όγκος είναι μεγαλύτερος όπως και η μεταβολική δραστηριότητα τα οποία το καθιστούν ικανό να αντιδρά γρηγορότερα στα μηχανικά φορτία.

1.4 Εμβιομηχανική των Οστών

Κατά τη φυσική δραστηριότητα, δυνάμεις από την σύσπαση των μυών και την αντίδραση του εδάφους καταλήγουν στην οστική εσωτερική τάση (stress), η οποία ορίζεται ως το φορτίο ή η δύναμη στη μονάδα της επιφάνειας και στην οστική παραμόρφωση (strain), η οποία ορίζεται ως παραμόρφωση του οστού ή αλλαγή στην διάσταση του. Σε κλινικούς όρους το οστικό stress είναι μέτρο της εφαρμοζόμενης δύναμης και το οστικό strain είναι μέτρο του ποσοστού επιμήκυνσης ή της παραμόρφωσης που συμβαίνει σε δεδομένη κατεύθυνση.

Η επαφή με το έδαφος κατά τη διάρκεια ακόμη και της απλής βάδισης εξασκεί δυνάμεις στον ανθρώπινο σκελετό. Στο τρέξιμο έχει αποδειχθεί ότι η αντίδραση του εδάφους αναλογεί στο διπλάσιο έως και πενταπλάσιο του σωματικού βάρους, ενώ στα άλματα μπορεί να φτάσει το 12πλάσιο του σωματικού βάρους. Οι στιγμιαίες αυτές δυνάμεις που συνδέονται με την αντίδραση του εδάφους μεταδίδονται από τον άκρο πόδα προς την κεφαλή υφιστάμενες παράλληλα εξασθένιση (McNitt-Gray, 1991; Light et al., 1980; Wosk & Voloshin, 1981).

Ένας αριθμός παραγόντων (Πιν.1) επηρεάζει το μέγεθος αυτών των δυνάμεων, τη μετάδοσή τους και την εξασθένησή τους.

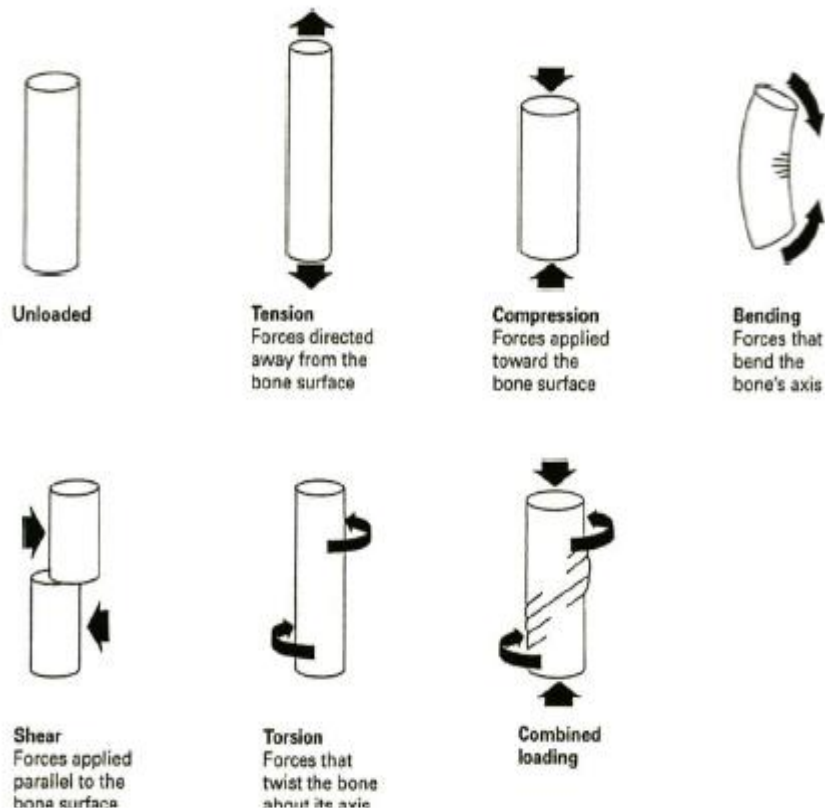
Πίνακας 1: Παράγοντες που επηρεάζουν την οστική αντίδραση στα φορτία

Πηγή: Hamill et al., 1983; Nigg & Segesser 1988

1. Χαρακτηριστικά της εφαρμοζόμενης δύναμης	<ul style="list-style-type: none">• Η κατεύθυνση• Το μέγεθος• Η συχνότητα
2. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά του οστού	<ul style="list-style-type: none">• Το σχήμα• Η εγκάρσια διατομή• Η μικρο-αρχιτεκτονική
3. Η ποιότητα του οστού	<ul style="list-style-type: none">• Η οστική πυκνότητα• Η σύσταση
4. Η μυϊκή σύσπαση	

Η αντίδραση του οστού στο stress εξαρτάται κύρια από τον προσανατολισμό της αρχιτεκτονικής του σε σχέση με την κατεύθυνση της εφαρμοζόμενης δύναμης, χαρακτηριστικό γνωστό ως **ανισοτροπία**. Αν και η σχέση που διέπει την κατεύθυνση της εφαρμοζόμενης δύναμης στο χώρο και τις μηχανικές ιδιότητες του οστού είναι αρκετά πολύπλοκη, το φλοιώδες οστό είναι γενικά πιο δύσκαμπτο και με μεγαλύτερη αντοχή στον επιμήκη παρά στον εγκάρσιο άξονα και το σπογγώδες αντίστοιχα κατά μήκος των δοκίδων του (Χατζηπαπάς, 2007).

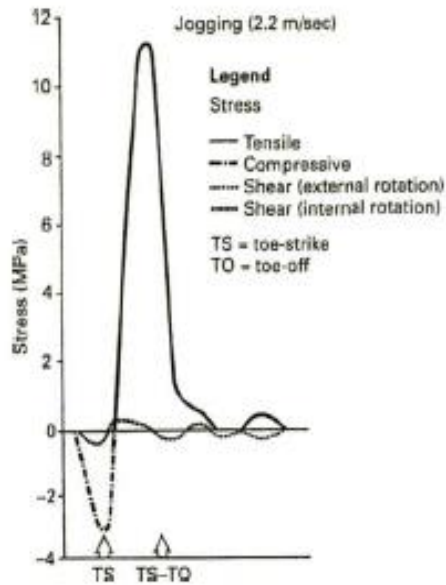
Οι δυνάμεις που δρουν στο οστό μπορούν να προκαλέσουν φορτία σε **διάταση, συμπίεση, κάμψη, διάτμηση και στροφή** (Εικόνα 3) . Τόσο στον επιμήκη όσο και στον εγκάρσιο άξονα το φλοιώδες οστό αντέχει σε μικρότερο stress στην διάταση παρά στη συμπίεση και ακόμη μικρότερο στις διατμητικές δυνάμεις. Σε ότι αφορά την κάμψη, το οστό υφίσταται συνδυασμό δυνάμεων τάσεως στην κυρτή και δυνάμεων συμπίεσης στην κοίλη επιφάνεια του. Η βλάβη ξεκινά από την κυρτή επιφάνεια γιατί το οστό του ενήλικα είναι ασθενέστερο στην τάση παρά στη συμπίεση (Χατζηπαπάς, 2007).



Εικόνα 3: Είδη εφαρμοζόμενων φορτίων στα οστά.

Πηγή: Lea & Febiger (1989)

Κατά τη φυσική δραστηριότητα το οστό υποβάλλεται σε ένα συνδυασμό τρόπων φορτίσεως. Η πολυπλοκότητα στη δράση αυτών των δυνάμεων έχει καταδειχτεί σε μελέτες στις οποίες έχουν μετρηθεί τα φορτία που δρουν σε κνήμες ανθρώπων σε βάδιση και τροχάδην¹⁴⁻¹⁷. Τα φορτία που εφαρμόζονται στην κνήμη, την παραμορφώνουν σε κάθε στάδιο της βάδισης σε διαφορετικό σημείο και με διαφορετική κατεύθυνση. Οι μετρούμενες τιμές έδειξαν ότι τα συμπιεστικά φορτία κυριαρχούσαν στην προσγείωση της πτέρνας, ενώ τα μεγαλύτερα φορτία διάτασης στην απογείωση των δακτύλων (Εικόνα 4) (Carter, 1978 οπ. αναφ. ο Χατζηπαπάς, 2007).




Εικόνα 4: Μετρούμενα φορτία στον πρόσθιο- έσω φλοιό της κνήμης σε ανθρώπους στο τροχάδην.

Πηγή: Lea & Febiger (1989)

Η γεωμετρία του οστού επηρεάζει τα μέγιστα την ανθεκτικότητά του. Στα φορτία διάτασης και συμπίεσης η αντοχή του οστού είναι ανάλογη του εμβαδού της εγκάρσιας διατομής του (cross-sectional area). Όσο μεγαλύτερο είναι αυτό το εμβαδό (η έκταση στην οποία εφαρμόζεται η δύναμη) τόσο περισσότερο αντιστέκεται σε κατάγματα γιατί διανέμει τα εσωτερικά φορτία σε μεγαλύτερη επιφάνεια (Hayes & Gerhart 1985).

Για τις καμπτικές δυνάμεις, τόσο το εμβαδό της εγκάρσιας διατομής όσο και η κατανομή του οστίτη ιστού γύρω από τον ουδέτερο άξονα του οστού είναι σημαντικές γεωμετρικές παράμετροι.

Η ροπή αδράνειας της επιφάνειας (area moment of inertia) είναι ο δείκτης που λαμβάνει υπ' όψιν τους δύο ανωτέρω παράγοντες στην κάμψη του οστού. Αν ο οστίτης ιστός κατανέμεται μακριά του ουδέτερου άξονα (όπου τα μηχανικά φορτία θεωρούνται μηδενικά) ο δείκτης έχει μεγάλες τιμές και το οστό αντιστέκεται αποτελεσματικότερα στην κάμψη (Εικόνα 5).



Area (cm ²)	2.77	2.77	2.84
Moment of inertia (cm ⁴)	.61	1.06	1.54
Bending strength (%)	100%	149%	193%

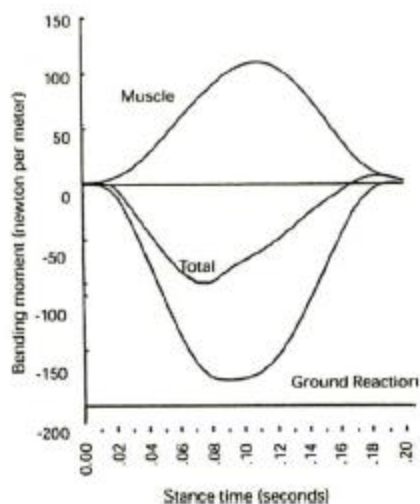
Εικόνα 5: Η ροπή αδράνειας στα οστά. Αν και οι εγκάρσιες διατομές (area) είναι ανάλογες στα τρία οστά, η αντοχή τους στην κάμψη (bending strength) είναι πολύ διαφορετική λόγω της των διαφορετικών ροπών αδράνειας (moment of inertia) στο καθένα.

Πηγή: Einhorn et al, 1992.

Ανάλογα επηρεάζει το **μήκος του οστού**. Όσο μακρύτερο είναι ένα οστό, τόσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος της ροπής κάμψης (bending moment) που προκαλείται από την εφαρμογή μιας δύναμης. Για τον λόγο αυτό τα μακρά οστά του κάτω άκρου υποβάλλονται σε μεγάλες ροπές κάμψης και επομένως σε μεγάλα συμπιεστικά και διατακτικά φορτία (Χατζηπαπάς, 2007).

Μελέτες σε οστά έχουν αποδείξει ότι οστά με μεγαλύτερη πυκνότητα είναι ανθεκτικότερα. Έχει αποδειχθεί ότι η αντοχή του οστού στη συμπίεση είναι περίπου ανάλογη με το τετράγωνο της πυκνότητάς του. Μικρή ελάττωση στην οστική πυκνότητα μπορεί να σχετίζεται με μεγάλη ελάττωση της οστικής δύναμης. Κλινικά η χαμηλή οστική πυκνότητα, μετρημένη με τη μέθοδο της διπλής φωτονιακής απορροφυσιομετρίας, έχει συσχετιστεί με μεγάλο κίνδυνο οστεοπορωτικού κατάγματος (Χατζηπαπάς, 2007).

Όταν το οστό φορτίζεται *in vivo*, η μυϊκή σύσπαση επίσης επηρεάζει το μέγεθος και την κατανομή των φορτίων. Οι Nordsletten και συν. βρήκαν ότι η μυϊκή σύσπαση στιγμιαία αυξάνει την αντοχή σε κνήμες ποντικών τόσο σε φυσιολογικό όσο και σε οστεοπενικό οστό. Χρησιμοποιώντας εμβιομηχανικό μοντέλο, οι Scott και Winte (1990) μέτρησαν τις καμπτικές δυνάμεις που δρουν στο περιφερικό άκρο της κνήμης κατά τη διάρκεια του τρεξίματος και βρήκαν ότι το συνολικό φορτίο είναι άθροισμα της δύναμης αντίδρασης του εδάφους και της μυϊκής συνολικής (Εικόνα 6).



Εικόνα 6: Το συνολικό φορτίο στο περιφερικό άκρο της κνήμης κατά τη διάρκεια του τρεξίματος είναι το άθροισμα της δύναμης αντίδρασης του εδάφους και της δύναμης της μυϊκής συνολικής.

Πηγή: Scott et al.,1990

Η μυϊκή δραστηριότητα χρησιμεύει στη μερική εξασθένηση της μεγάλης ροπής κάμψης και στη μείωση των διατακτικών και συμπιεστικών φορτίων που εφαρμόζονται στην κνήμη. Φαίνεται λοιπόν ότι η δράση των μυών μπορεί να μειώσει αλλά και να αυξήσει το μέγεθος των δυνάμεων που ασκούνται στο οστό.

1.5 Φυσιολογική απάντηση στα φορτία

Η φόρτιση ενός οστού είναι βασική για τη διατήρηση της φυσιολογικής οστικής μάζας. Το γεγονός αυτό είναι φανερό σε καταστάσεις αχρησίας, ακινητοποίησης και διακοπής της φόρτισης όπου συμβαίνει δραματική απώλεια της οστικής μάζας (Hamby et al, 1993). Η φυσική δραστηριότητα οδηγεί στην αύξηση της οστικής μάζας γιατί το οστό προσαρμόζεται στα επιπλέον φορτία που εφαρμόζονται (Morris et al., 1997; Bass et al. 1998).

Ωστόσο, το οστό μπορεί να αδυνατίσει σαν αποτέλεσμα επαναλαμβανόμενων φορτίων που ασκούνται κατά τη διάρκεια της καθημερινής δραστηριότητας. Αυτό οφείλεται στη δημιουργία και τη διάδοση μικροσκοπικών ρωγμών. Εάν οι δυνάμεις αυτές δράσουν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, οι «μικρο-ρωγμές» πολλαπλασιάζονται και ενώνονται δημιουργώντας «μακρο-ρωγμές». Εάν δεν επιδιορθωθεί η βλάβη, το αποτέλεσμα μπορεί να είναι ένα κάταγμα κόπωσης (Χατζηπαπάς, 2007).

Η αναδιαμόρφωση του οστού (remodeling) είναι μια συνεχής, αυτόματη διαδικασία λύσης και δημιουργίας μικροσκοπικών κοιλοτήτων στα οστά. Συμβαίνει τόσο στην περιостική και ενδοστική επιφάνεια του φλοιώδους οστού όσο και στην επιφάνεια των οστικών δοκίδων του σπογγώδους οστού.

Οι κύριες λειτουργίες του remodeling είναι (Χατζηπαπάς, 2007):

1. να προσαρμόσει το οστό στα μηχανικά φορτία,
2. να αποτρέψει τη συνάθροιση των μικρο-καταγμάτων και των βλαβών από κόπωση,
3. να διατηρήσει σταθερές τις τιμές του ασβεστίου του αίματος.
4. Η αναδιαμόρφωση καταλήγει σε καθαρή οστική απορρόφηση και είναι υπεύθυνη για την οστική απώλεια που συνοδεύει το γήρας.

Τόσο οι οστεοβλάστες όσο και οι οστεοκλάστες συμμετέχουν στο remodeling και οργανώνονται σε ξεχωριστές ομάδες που λέγονται βασικές πολυκυτταρικές μονάδες. Στο ανθρώπινο οστό ο ρυθμός ανακύκλωσης του μεταβολισμού είναι 0,05 mm³ οστίτη ιστού κάθε τρεις ή τέσσερις μήνες για κάθε τέτοια μονάδα. Ακολουθώντας το remodeling, το οστό χρειάζεται τρεις επιπλέον μήνες για την επαρκή επιμετάλλωση του.

Η αναδιαμόρφωση του οστού λαμβάνει χώρα σε πέντε στάδια:

1. Ηρεμία
2. Ενεργοποίηση
3. Απορρόφηση
4. Αντιστροφή
5. Σχηματισμός

Η ενεργοποίηση μιας οστικής επιφάνειας από τη φάση ηρεμίας οφείλεται σε ένα αρχικό ερέθισμα που μπορεί να είναι ορμονικό, χημικό ή φυσικό. Πρόδρομοι οστεοκλαστών πλησιάζουν στην περιοχή όπου συνενώνονται και σχηματίζουν πολυπύρηνους οστεοκλάστες, οι οποίες με τη σειρά τους δημιουργούν κοιλότητες απορροφώντας οστό. Ακολουθεί ένα διάλειμμα ενός έως δύο εβδομάδων μέχρι την έναρξη του σταδίου σχηματισμού του οστού. Σε αυτό το στάδιο της αντιστροφής, το οστό είναι σχετικά πιο αδύναμο και επαναλαμβανόμενα φορτία μπορούν να καταλήξουν στη συσσώρευση μικροκακώσεων και την έναρξη κλινικής συμπτωματολογίας.

Την επιδιόρθωση του οστού αναλαμβάνουν οι οστεοβλάστες σε δύο στάδια: σύνθεση θεμέλιας ουσίας και επιμετάλλωση. Αρχικά, μια στιβάδα οστεοειδούς αποτελούμενη

κυρίως από κολλαγόνο τύπου I σχηματίζει ένα τρισδιάστατο ικρίωμα το οποίο μετά από πέντε έως δέκα μέρες ωρίμανσης, ενισχύεται με κρυστάλλους υδροξυαπατίτη οι οποίοι επικάθονται μέσα και πάνω στα ινίδια κολλαγόνου. Αναγκαία για τη διαδικασία αυτή είναι η επάρκεια σε ασβέστιο και φώσφορο.

1.6 Οστική Μικρο-κάκωση

Η μικροσκοπική βλάβη στο οστό αρχικά περιγράφηκε το 1951 από τους Rutishauser και Majno και αργότερα από τον Frost. Έκτοτε, το μικροσκόπιο και οι υπέρηχοι αποκάλυψαν την ύπαρξη μιας τέτοιας βλάβης μετά από εφαρμογή επαναλαμβανόμενων φορτίων στο οστό και *in vivo*. Παρόμοια βλάβη διαπιστώθηκε σε μελέτες ακόμη και υπό φυσιολογικές συνθήκες φόρτισης (Χατζηπαπάς, 2007).

Πληθώρα μελετών *in vivo* σε ζώα αποδεικνύουν τη βλάβη που προκαλεί η εφαρμογή επαναλαμβανόμενων φορτίων στο οστό. Δύο ώρες προκαλούμενης δραστηριότητας σε κουνέλια ήταν επαρκής για να προκαλέσει διακριτές ιστολογικά ρωγμές στην κνήμη μετά από δέκα ημέρες. Ανάλογο αποτέλεσμα διαπιστώθηκε με ακτινολογικό και σπινθηρογραφικό έλεγχο σε άλλη μελέτη (Χατζηπαπάς, 2007):

Τέτοια αποτελέσματα επιβεβαιώνουν πρώτον ότι φυσιολογικά φορτία μπορούν να προκαλέσουν μικροσκοπική βλάβη στο οστό και δεύτερον ότι υπάρχει ένας ουδός για τη συσσώρευση τέτοιων βλαβών. Ο Frost (1989) βασισμένος σε κλινικές και παθολογικές μελέτες κατέληξε στα 2000 microstrain ως ανώτατο όριο φυσιολογικής επιβάρυνσης και κάθε παραμόρφωση πάνω από την τιμή αυτή προκαλεί βλάβη στο οστό με σχέση εκθέτη.

Ανάλογες μελέτες σε ανθρώπους δεν είχαν τα ίδια αποτελέσματα είτε λόγω ανεπαρκούς περιόδου άσκησης για τη δημιουργία οστικής βλάβης είτε λόγω αναποτελεσματικότητας του απεικονιστικού ελέγχου (Χατζηπαπάς, 2007):

Ο Frost (1989) κατηγοριοποίησε την πρόοδο της μικροσκοπικής βλάβης στο οστό σε 4 στάδια. Το μοριακό, πρώτο στάδιο αφορά την διάσπαση κάποιων διαμοριακών δεσμών στην μεταλλωμένη ουσία. Αν η διαδικασία αυτή συνεχιστεί, σχηματίζονται μικρο-γραμμές και ακολούθως μικρο-ρωγμές μέσα στην μεταλλωμένη ουσία που μπορούν να διακριθούν στο μικροσκόπιο. Η αλλοίωση των μηχανικών ιδιοτήτων του οστού οφείλεται στο σχηματισμό των παραπάνω μικρο-ρωγμών. Αυξανόμενη κόπωση σχετίζεται με αυξανόμενη συσσώρευση μικρο-ρωγμών. Αυτές συναθροίζονται και μόλις

αγγίζουσαν ένα κριτικό όριο όπου το οστό δεν μπορεί να σηκώσει άλλα φορτία, επισυμβαίνει το κάταγμα κόπωσης.

1.7 Απάντηση σε υπερβολικά φορτία

Επειδή ο ουδός για να συμβεί οστική μικροκάκωση φαίνεται να βρίσκεται στο ανώτερο όριο της φυσιολογικής δραστηριότητας, υπάρχουν κάποιοι μηχανισμοί που προλαμβάνουν την επέκταση της μικροκάκωσης. Ένας μηχανισμός είναι ο περιορισμός του πολλαπλασιασμού των μικρορωγμών λόγω της ανθεκτικής τρισδιάστατης δομής του οστεώνα. Ένας δεύτερος μηχανισμός είναι οι μεταβολικές διαδικασίες που επιδιορθώνουν κάθε μικροσκοπική βλάβη στο οστό.

Η αναδιαμόρφωση (remodeling) του οστού λειτουργεί σε φυσιολογική βάση με δύο τρόπους:

- κατευθυνόμενα, δρώντας στο σημείο της βλάβης και
- γενικά, με συγκεκριμένο ρυθμό ώστε να ανταποκρίνεται στο φυσιολογικό ρυθμό δημιουργίας βλαβών.

Το ερέθισμα για την έναρξη της κατευθυνόμενης αναδιαμόρφωσης το δίνουν είτε υποδοχείς της κυτταρικής μεμβράνης μετά από ρήξη οστεοκυττάρων, είτε ηλεκτρική διέγερση που προκαλείται από μικρο-ρωγμή στον οστεώνα.

1.8 Επιταχυνόμενη αναδιαμόρφωση

Η φυσιολογική αναδιαμόρφωση είναι η απάντηση του οστού στην κυκλική φόρτιση. Αποτελεί μία διαδοχική διαδικασία οστεοκλαστικής απορρόφησης και οστοβλαστικής δημιουργίας που συμβαίνει αδιάκοπα στις περιοστικές και ενδοστικές επιφάνειες του φλοιώδους οστού όπως και στην επιφάνεια των δοκίδων του σπογγώδους οστού. Όταν εφαρμόζονται επαναλαμβανόμενα φορτία στο οστό κατώτερα του ουδού κατάγματος, συσσωρεύονται μικροκακώσεις και ξεκινάει η διαδικασία της επιταχυνόμενης αναδιαμόρφωσης. Μικροσκοπικά, τα πρώτα σημάδια αυτής της διαδικασίας είναι η αγγειακή συμφόρηση, η θρόμβωση και η οστεοκλαστική απορρόφηση. Όσο συνεχίζεται η εφαρμογή των φορτίων, οι κοιλότητες που προκύπτουν από την οστική απορρόφηση συνενώνονται και καταλήγουν στη δημιουργία μικρο-ρωγμών που με τη σειρά τους συναθροιζόμενες επεκτείνονται στον φλοιό (Χατζηπαπάς, 2007).

Η ιστολογική επιδιόρθωση των μικρο-κακώσεων στα οστά τεκμηριώθηκε αρχικά σε σκύλους. Βρέθηκε αυξημένη οστεοκλαστική και οστοβλαστική δραστηριότητα σε περιοχές κόπωσης στα οστά⁴² και σημαντικά περισσότερες μικρο-ρωγμές σε άμεση συσχέτιση με κοιλότητες απότοκες οστικής απορρόφησης. Εάν η μικρο- κάκωση προηγείται ή ακολουθεί την οστική αναδιαμόρφωση δεν είναι σαφές. Έχει καταδειχθεί σημαντική αύξηση σε κύκλους αναδιαμόρφωσης μετά από πρόκληση οστικών μικροκακώσεων.

Το remodeling εντοπιζόταν κυρίως σε περιοχές που είχε προκληθεί μικρο- κάκωση. Παρόλα αυτά παρέμεναν τρεις φορές περισσότερες περιοχές απορρόφησης οστού από περιοχές μικρο-ρωγμών το οποίο δείχνει ότι και άλλοι παράγοντες εκτός των μικρο-ρωγμών ευθύνονται για την έναρξη της αναδιαμόρφωσης. Οι παράγοντες αυτοί περιλαμβάνουν συστηματικές και αναπαραγωγικές ορμόνες, διατροφικούς παράγοντες και οστικές μεταβολές απότοκες μηχανικής φόρτισης. Αντίθετα μελέτες σε ανθρώπους δείχνουν ότι η μικρο-κάκωση συμβαίνει σε προϋπάρχουσες περιοχές αυξημένης αναδιαμόρφωσης όπου η οστεοκλαστική απορρόφηση αποδυναμώνει το οστό πριν οι οστεοβλάστες εναποθέσουν νέο. Σε μία σειρά βιοψιών κνήμης σε ανθρώπους, ο ιστολογικός έλεγχος αποκάλυψε επιταχυνόμενη φλοιώδη απορρόφηση. Αν και δεν είχε εντοπιστεί μικροκάταγμα σε αυτό το στάδιο, λεπτές ρωγμές ήταν εμφανείς μετά από μία εβδομάδα, ακολουθούμενες από οστεοβλαστική δραστηριότητα και εναπόθεση νέου οστού. Οι παραπάνω μελέτες δεν δείχνουν σαφώς τον ακριβή χρόνο των οστικών αλλαγών σε απάντηση στα εφαρμοζόμενα φορτία. Είναι πιθανό ότι η μικροκάκωση ήταν παρούσα πριν από την οστεοκλαστική απορρόφηση αλλά δεν μπορούσε να εντοπιστεί με τον ιστολογικό έλεγχο (Χατζηπαπάς, 2007).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο: ΚΑΤΑΓΜΑΤΑ ΚΟΠΩΣΕΩΣ

2.1 Ορισμός-επιδημιολογία

Τα τελευταία χρόνια αξιοσημείωτη πρόοδος έχει γίνει στην προσπάθεια ορισμού του κατάγματος κόπωσης. Ο επικρατέστερος ορισμός περιγράφει ένα ιστορικό εντοπισμένου άλγους με λανθάνουσα έναρξη το οποίο αυξάνεται προοδευτικά με τη δραστηριότητα και ελαττώνεται με την ανάπαυση. Το ιστορικό περιλαμβάνει πρόσφατη αλλαγή της δραστηριότητας, έναρξη γυμναστικής ή αύξηση του ρυθμού προπόνησης (Χατζηπαπάς, 2007).

Το κάταγμα κόπωσης είναι μια κάκωση που η αποκατάστασή της είναι σχετικά μεγάλης διάρκειας και έτσι οι επιπτώσεις είναι σημαντικές αν και η συχνότητα στον συνολικό πληθυσμό είναι μικρή (Χατζηπαπάς, 2007).

Πιο αναλυτικά θα πρέπει να σημειωθεί ότι το κάταγμα από καταπόνηση συμβαίνει χωρίς ιδιαίτερη βία σε ένα φυσιολογικό οστό ενός υγιούς ανθρώπου. Δεν προκαλείται από ένα συγκεκριμένο τραυματικό γεγονός αλλά από επαναλαμβανόμενη φόρτιση, που οφείλεται σε δυο κύρια είδη δυνάμεων της κάμψης και της συμπίεσης (Λαμπίρης, 2007).

Οι δυνάμεις κάμψης προκαλούν διάσπαση του φλοιού, που βρίσκεται σε ελκυσμό. Η επουλωτική διαδικασία αρχίζει αμέσως αλλά, όταν υπάρχει μια συνεχής επαναλαμβανόμενη φόρτιση, τότε η ρωγμή μπορεί να επεκταθεί σε όλη τη διάμετρο του οστού. Αυτό ο τύπος κατάγματος παρατηρείται συνήθως σε νεαρούς ενήλικες και πιθανότατα οφείλεται στη δράση των ισχυρών μυών, που τείνουν να παραμορφώσουν το οστό. Σε έναν αθλητή, που προπονείται η μυϊκή ισχύς αποκτάται πολύ ταχύτερα σε σχέση με την αντοχή των οστών, η οποία έχει πιο αργό ρυθμό προσαρμογής. Στην αιτία αυτή οφείλετε και η υψηλή συχνότητα καταγμάτων από καταπόνηση σε νεοσύλλεκτους στρατιώτες (Λαμπίρης, 2007).

Τα συμπιεστικά φορτία δρουν κυρίως επάνω σε σπογγώδες οστό και μπορεί να δημιουργήσουν ένα ενσφηνωμένο κάταγμα από κόπωση (Λαμπίρης, 2007).

2.1.1 Συχνότητα καταγμάτων κόπωσης

Η συχνότητα εμφάνισης των καταγμάτων κόπωσης κυμαίνεται μεταξύ 5% και 30% ανάλογα με το άθλημα και την παρουσία των παραγόντων κινδύνου. Συνήθεις θέσεις εμφάνισης καταγμάτων κόπωσης σε αθλητές είναι (Γιαννακόπουλος, 2011):

- Η σπονδυλική στήλη (σπονδυλόλυση)
- Η άνω και η κάτω επιφάνεια του αυχένα του μηριαίου οστού στο ισχίο
- Ο κάτω κλάδος του ηβικού οστού στην λεκάνη
- Η κνήμη και η περόνη
- Η πτέρνα
- Το σκαφοειδές και τα σφηνοειδή οστά στον τارسό του ποδιού
- Τα μετατάρσια

Σε μία μελέτη σε 370 αθλητές 49% των καταγμάτων κόπωσης εντοπίζονταν στην κνήμη, 25% στον τارسό, 9% στα μετατάρσια ενώ 16% των καταγμάτων ήταν αμφοτερόπλευρα (**Εικόνα 7**) (Γιαννακόπουλος, 2011).

Τα κατάγματα κόπωσης των μεταταρσίων είναι ιδιαίτερα συχνά σε χορεύτριες μπαλέτου, σε νεοσύλλεκτους και σε δρομείς μεγάλων αποστάσεων. Συνήθως εντοπίζονται στο 2ο μετατάρσιο και ακολουθούν σε συχνότητα τα μετατάρσια 3, 1, 4, και 5 (Γιαννακόπουλος, 2011).

Η θέση εμφάνισης των καταγμάτων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και ιδίως από το είδος της αθλητικής δραστηριότητας. Οι δρομείς χαρακτηριστικά παρουσιάζουν κατάγματα κόπωσης στα κάτω άκρα ενώ οι αρσιβαρίστες στα άνω άκρα και στην σπονδυλική στήλη.



Εικόνα 7: Το συνηθέστερο κάταγμα κόπωσης εντοπίζεται στην κνήμη. Το κάταγμα αυτό αρχίζει ως μία ρωγμή στο φλοιό του οστού (βέλος) και εάν δεν αντιμετωπιστεί μπορεί να προκαλέσει πλήρη θραύση του οστού.

2.2 Παράγοντες που σχετίζονται με τη δημιουργία καταγμάτων κοπώσεως

Η πρόληψη των καταγμάτων κοπώσεως απαιτεί γνώση των παραγόντων επικινδυνότητας που προδιαθέτουν σε αυτό τον τραυματισμό. Η αιτιολογία των καταγμάτων κοπώσεως είναι πολυπαραγοντική. Οι παράγοντες αυτοί είναι ποικίλοι και διαχωρίζονται σε εξωγενείς, ενδογενείς, διατροφικούς, ορμονικούς καθώς και άλλους παράγοντες. Οι ενδογενείς περιλαμβάνουν μηχανικούς παράγοντες όπως πυκνότητα του οστού, γεωμετρία του, σκελετική ευθυγράμμιση, σωματικό μέγεθος και σύνθεση, καθώς και φυσιολογικούς παράγοντες όπως βαθμός ανακατασκευής του οστού, ελαστικότητα, μυϊκή δύναμη και αντοχή. Οι εξωγενείς περιλαμβάνουν μηχανικούς παράγοντες όπως η επιφάνεια άθλησης, η υπόδηση, το εξωτερικό φορτίο αλλά και φυσικούς - προπονητικούς. Τέλος, η ηλικία καθώς και προηγούμενοι τραυματισμοί παίζουν ρόλο στην αύξηση επικινδυνότητας των καταγμάτων κοπώσεως (Ραφαηλίδης και συν., 2009).

Τα κατάγματα κόπωσης προκαλούνται συχνότερα στα κάτω άκρα και σε γυναίκες λόγω μειωμένης αντοχής του οστού, μειωμένης δύναμης των μυών και τενόντων καθώς και εξαιτίας εμβιομηχανικών διαφορών που αυξάνουν την καταπόνηση των οστών και των αρθρώσεων (Hubbard et al, 2009).

Παράγοντες κινδύνου για την εμφάνιση καταγμάτων κόπωσης είναι οι παρακάτω (Hubbard et al, 2009):

- Έναρξη καινούριας, διαφορετικής, αυξημένων απαιτήσεων καταπόνησης
- Άσκηση χωρίς επαρκή μεσοδιαστήματα ανάπαυσης
- Κακή τεχνική
- Ανεπαρκή υποδήματα
- Γυναίκες
- Αυξημένη ηλικία
- Καυκάσια (λευκή) φυλή
- Αμηνόρροια ή ολιγομηνόρροια σε γυναίκες
- Χαμηλή οστική πυκνότητα και οστεοπόρωση
- Χαμηλή πρόσληψη ασβεστίου
- Διαταραχές διατροφής
- Κάπνισμα και λήψη αλκοόλ
- Υποθυρεοειδισμός
- Ρευματοειδής αρθρίτιδα
- Λήψη κορτικοστεροειδών

Ειδικότερα, παράγοντες κινδύνου για την πρόκληση καταγμάτων κόπωσης στο πόδι αποτελούν η παρουσία πρηνισμού του ποδός, κοιλοποδίας ή πλατυποδίας και η αυξημένη εξωτερική στροφή της κνήμης.

Ιδιαίτερα επιρρεπείς στην εμφάνιση καταγμάτων κόπωσης αλλά και άλλων περισσότερο σημαντικών επιπλοκών είναι οι αθλήτριες που εμφανίζουν την τριάδα της αθλήτριας δηλαδή διαταραχές της όρεξης, αμηνόρροια ή ολιγομηνόρροια και οστεοπόρωση (Hubbard et al, 2009).

2.2.1 Ορμονικοί Παράγοντες Επικινδυνότητας

Εμμηνορροϊκές διαταραχές συμβαίνουν συχνά σε νεαρές, άτοκες, γυναίκες με υπερβολική ισχύτητα που προπονούνται εντατικά. Οι διαταραχές αυτές μπορεί να δημιουργήσουν πιο συχνά κατάγματα κοπώσεως, σε βαθμό μάλιστα υψηλότερο δύο με τέσσερις φορές από ότι οι όμοιες με φυσιολογικό εμμηνορροϊκό κύκλο (Ραφαηλίδης και συν., 2009).

Τα αίτια μπορεί να είναι τα χαμηλά επίπεδα οιστρογόνων που επιφέρουν χαμηλή οστική πυκνότητα, η αυξημένη οστική αναδημιουργία ή η αρνητική ισορροπία ασβεστίου σε αυτές τις γυναίκες ή μια αλληλεπίδραση των αιτιών αυτών. Εδώ το οστό βρίσκεται σε μια πιο αδύναμη κατάσταση και άρα είναι πιο εύκολο να συσσωρεύσει μικροκαταστροφές αν υποστεί επαναλαμβανόμενη φόρτιση. Γενικά, υπάρχουν παράγοντες που συνδέονται και με την καθυστερημένη εμμηναρχή και με την δευτερογενή αμηνόρροια. Οι παράγοντες αυτοί που είναι εύκολα αναγνωρίσιμοι σχετίζονται με την εμφάνιση της «Αθλητικής Αμηνόρροιας» σε αθλούμενες κυρίως γυναίκες. Αυτοί είναι: η νεότητα, η πρόωγη εμμηνορροϊκή διαταραχή, η ατοκία, η απώλεια βάρους, τα επίπεδα προπόνησης (Ραφαηλίδης και συν., 2009).

Με δεδομένη την σχέση μεταξύ εμμηνορροϊκής διαταραχής και παράγοντα επικινδυνότητας για κάταγμα κοπώσεως είναι σημαντικό να ερωτώνται ενεργές αθλήτριες για την παροντική και παρελθοντική εμμηνορροϊκή κατάσταση τους και μετά να αναζητήσουν -αν είναι απαραίτητο- κατάλληλη ιατρική βοήθεια. Από την στιγμή που οι ανωμαλίες της εμμήνου ρύσεως συνήθως ευρίσκονται μαζί με διαταραχές διατροφής και οστεοπενία, η παρουσία ενός από αυτούς τους παράγοντες θα πρέπει να αφυπνίσει άμεσα το ιατρικό επιτελείο (Ραφαηλίδης και συν., 2009).

2.2.2 Διατροφικοί Παράγοντες Επικινδυνότητας

Η οστική υγεία και η δημιουργία των καταγμάτων κοπώσεως σε συσχέτιση με την διατροφή εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες και είναι δύσκολο να εξακριβωθεί ο ρόλος τους. Μερικοί από αυτούς είναι: ο ακριβής προσδιορισμός της διατροφικής πρόσληψης, οι θρεπτικές ουσίες και η προσφορά τους, το ασβέστιο και οι επιρροές του στην διατροφή ενός ανθρώπου (Ραφαηλίδης και συν., 2009).

Συγκεκριμένα η ισορροπία του ασβεστίου επηρεάζεται αρνητικά από άλλους διαιτητικούς παράγοντες συμπεριλαμβανομένων υψηλών προσλήψεων αλατιού, φωσφόρου, ινών, πρωτεϊνών, καφεΐνης και αλκοόλ. Το συνιστώμενο καθημερινό προσλαμβανόμενο ασβέστιο διαφέρει κατά την διάρκεια της ζωής κάποιου και μπορεί να μην καλύπτει επαρκώς συγκεκριμένες ανάγκες φυσιολογικών ενεργών ατόμων ή αθλητριών με εμμηνορροϊκές διαταραχές (Ραφαηλίδης και συν., 2009).

Βέβαια θα πρέπει να σημειωθεί ότι έχουν γίνει έρευνες στο παρελθόν και δεν έχει αποδειχθεί αν η πρόσφατη πρόληψη ασβεστίου σχετίζεται με τα κατάγματα κοπώσεως (Ραφαηλίδης και συν., 2009).

2.2.3 Οστική Ανακατασκευή

Η οστική ανακατασκευή μπορεί να σχετίζεται με την παθογένεση των καταγμάτων κοπώσεως και οι διαταραχές στην δραστηριότητα αυτή, είτε γενικευμένες είτε εστιασμένες, μπορεί να προδιαθέσουν σε αυτό τον τραυματισμό. Σε μια 12μηνη έρευνα εκτιμήθηκε η οστική ανακατασκευή σε 46 γυναίκες και 49 άντρες αθλητές στίβου (ηλικίας 17 ως 26) όπου οι 20 από αυτούς εμφάνισαν κατάγματα κοπώσεως και συγκρίθηκαν με μια ομάδα που δεν υπέστη κατάγματα κοπώσεως.

Οι αθλητές που εμφάνισαν κατάγματα κοπώσεως είχαν όμοια τα βασικά επίπεδα της οστικής ανακατασκευής με τους αθλητές που δεν εμφάνισαν κατάγματα κοπώσεως, ενώ κατά σειρά μέτρησης έδειξαν ότι δεν υπήρξε καμία διαφορά στο μέσο όρο των επιπέδων στην οστική ανακατασκευή με αυτούς που εμφάνισαν κατάγματα κοπώσεως συγκρινόμενα με την ομάδα ελέγχου. Παρόλα αυτά, δεν αναιρείται ο πιθανός παθογεννητικός ρόλος των τοπικών αλλαγών κατά την ανακατασκευή του οστού στα σημεία των καταγμάτων κοπώσεως μιας και τα επίπεδα της οστικής ανακατασκευής αναδεικνύουν την λειτουργία της συνολικής οστικής ανακατασκευής σε όλο τον σκελετό (Bennell et al., 1999).

2.2.4 Μυϊκή ελαστικότητα και εύρος τροχιάς της κίνησης και μυϊκή δύναμη και αντοχή

Η σπουδαιότητα της ευλυγισίας ως παράγοντας επικινδυνότητας είναι δύσκολο να εκτιμηθεί επειδή η ευλυγισία περικλείει έναν αριθμό χαρακτηριστικών συμπεριλαμβανοντας ενεργητική κίνηση αρθρώσεων, συνδεσμική ελαστικότητα και μυϊκό μήκος. Ένα από τα παραπάνω χαρακτηριστικά ή συνδυασμός δυο εκ των παραπάνω ή και περισσότερων (π.χ. ο παράδοξος συνδυασμός της ευλυγισίας των αρθρώσεων και της μυϊκής σκληρότητας) σχετίζεται με τραυματισμούς φόρτισης σε μεγάλη συχνότητα (Ραφαηλίδης και συν., 2009).

Η μυϊκή κόπωση μπορεί να δημιουργήσει κάταγμα κοπώσεως. Συγκεκριμένα έχει αποδειχθεί ότι στα τελευταία στάδια του τρεξίματος 45 λεπτών σε γυναίκες με ιστορικό

κατάγματος κοπώσεως αυξημένη δύναμη αντίδρασης εδάφους, ενώ στην ομάδα ελέγχου η δύναμη αντίδρασης του εδάφους δεν παρουσίαζε ιδιαίτερες μεταβολές κατά την διάρκεια του τρεξίματος.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα κατάγματα κοπώσεως στα μακριά οστά των κάτω άκρων μπορεί να προκύψουν, σε μια ταχύτητα που υπερβαίνει το αναερόβιο κατώφλι και συνδυάζεται ταυτόχρονα με επαναλαμβανόμενη και/ή υπερβολική βαθμιαία φόρτιση στον κορμό και μυϊκή ανισορροπία των μυών που ενεργούν συγχρόνως στον κορμό (Ραφαηλίδης και συν., 2009).

2.2.5 Μέγεθος και σύνθεση του σώματος

Θεωρητικά το σωματικό μέγεθος και η σύνθεση των μαλακών ιστών μπορεί να συντελέσουν στην εμφάνιση καταγμάτων κοπώσεως άμεσα επηρεάζοντας τα οστά. Για παράδειγμα επειδή το σωματικό βάρος συνδέεται αναλογικά με τη δύναμη αντίδρασης του εδάφους, βαρύτεροι αθλούμενοι θα αναπτύξουν υψηλότερες δυνάμεις φόρτισης κατά την διάρκεια της αθλητικής δραστηριότητας.

Η σύνθεση και το σωματικό μέγεθος μπορεί επίσης να έχουν έμμεσα αποτελέσματα στην επικινδυνότητα του κατάγματος κοπώσεως επηρεάζοντας την οστική πυκνότητα ή την εμμηνορροϊκή λειτουργία. Μια άλλη έρευνα προτείνει ότι τα ψηλά άτομα έχουν υψηλότερο βαθμό τραυματισμού από ότι τα πιο κοντά άτομα (Ραφαηλίδης και συν., 2009).

2.2.6 Οστική πυκνότητα

Οι Myburg et al.(1990) σε έρευνα που διεξήγαγαν σε 25 αθλήτριες 19 κατέληξαν σε τρία ενδιαφέροντα συμπεράσματα σχετικά με το ρόλο της οστικής πυκνότητας στην αιτιολογία των καταγμάτων κοπώσεως:

- ότι αθλήτριες με κατάγματα κοπώσεως είχαν τις μικρότερες οστικές πυκνότητες από ότι εξακριβωμένοι-ελεγχόμενοι αθλητές που δεν είχαν πριν κάποια συμπτώματα
- ότι οι τραυματισμένες αθλήτριες είχαν υψηλότερη συχνότητα πρόσφατης εμμηνορροϊκής διαταραχής και

- ο ότι οι αθλήτριες με τα κατάγματα κοπώσεως είχαν χαμηλότερα επίπεδα πρόσληψης διατροφικού ασβεστίου και ιστορικό χαμηλότερης κατανάλωσης γαλακτοκομικών προϊόντων.

Ακόμη οι Bennell et al.(1999) κατέληξαν ότι η χαμηλή πυκνότητα του οστού αποτελεί παράγοντα επικινδυνότητας όσον αφορά την δημιουργία καταγμάτων κοπώσεως στις γυναίκες, ενώ δεν προκύπτει κάτι συγκεκριμένο για τους άνδρες. Επίσης άλλες έρευνες απέδειξαν ότι οι νεότερες αθλήτριες από 17 ως 21 και από 22 ως 26 με εμμηνορροϊκές διαταραχές εμφάνισαν θεαματικά χαμηλές τιμές οστικής πυκνότητας σχετίζοντας τις με πρώιμη έναρξη άθλησης και εμμηναρχή.

2.2.7 Γεωμετρία του Οστού

Η αντοχή του οστού στην φόρτιση δεν σχετίζεται μόνο με την οστική πυκνότητα αλλά και με την γεωμετρία του. Υπάρχει μια σχέση που εκφράζεται ως εξής: για οστά που φορτίζονται με καμπτικά ή ακόμη και στρεπτικά φορτία, η ποσότητα του φορτίου που μπορεί να αντέξει το οστό πριν υποχωρήσει είναι ανάλογη της εγκάρσιας διατομής του, μιας και τα αυλοειδή οστά παρουσιάζουν μεγαλύτερη ροπή αδράνειας (το μέτρο της στροφικής αδράνειας ενός σώματος, δηλαδή της αντίδρασης που εμφανίζει το σώμα στις αλλαγές της στροφικής του ταχύτητας) -άρα και αντοχή- όσο μεγαλύτερη είναι η εγκάρσια διατομή τους. Έτσι λοιπόν το οστό είναι πολύ πιο ανθεκτικό και δυνατό όσο ευρύτερη είναι η προαναφερόμενη περιοχή (Ραφαηλίδης και συν., 2009).

Για την ακρίβεια, σχετικά με την καμπτική φόρτιση του οστού, η ροπή αδράνειας της διατομής είναι ανάλογη της εγκάρσιας διατομής αυτού σύμφωνα με τον τύπο $J=\pi(R^4-r^4)/4$ (όπου J το μέτρο της ροπή αδράνειας, π η σταθερά 3.14, R η εξωτερική ακτίνα του αυλού και r η εσωτερική ακτίνα του αυλού). Παρομοίως, σχετικά με την στρεπτική φόρτιση του οστού, η πολική ροπή αδράνειας είναι επίσης ανάλογη της εγκάρσιας διατομής αυτού σύμφωνα με τον τύπο $J=\pi(R^4-r^4)/2$ (Ozkaya & Nordin, 2004). Σύμφωνα με τους παραπάνω τύπους όσο μεγαλύτερη η περιοχή της ροπής αδράνειας τόσο μικρότερα είναι τα φορτία που εφαρμόζονται πάνω στον έσω φλοιό. Τρεις μετρήσεις της κνημιαίας ροπής αδράνειας βρέθηκαν να έχουν στατιστικά μια συγκεκριμένη σχέση με την εμφάνιση των καταγμάτων κοπώσεως (Ozkaya & Nordin, 2004).

Τα σημαντικά στοιχεία που προκύπτουν από το ότι η ροπή αδράνειας της κνήμης είναι ένας παράγοντας προδιάθεσης των καταγμάτων κοπώσεως είναι τέσσερα (Ραφαηλίδης και συν., 2009):

- βοηθά ώστε να εξηγηθεί μηχανικά η προηγούμενη παρατήρηση, ότι η ευρύτητα της διατομής του κνημιαίου οστού μπορεί να περιορίσει τον κίνδυνο των καταγμάτων κοπώσεως,
- αποδεικνύει ότι οι καμπτικές δυνάμεις είναι ένας σημαντικός αιτιολογικός παράγοντας για κνημιαία κατάγματα κοπώσεως και πιθανότατα για μηριαία κατάγματα κοπώσεως,
- ενισχύει την υπόθεση ότι το κάταγμα κοπώσεως είναι μια παθολογία που διαθέτει παράγοντες επικινδυνότητας,
- μας δίνει την εικόνα ότι το άτομο με πλατιές κνήμες και με υψηλή ροπή αδράνειας, είναι σχετικώς προστατευμένο από κατάγματα κοπώσεως και αυτό επειδή τα οστά του είναι εμβιομηχανικά ανθεκτικότερα στις καμπτικές αλλά και τις στρεπτικές δυνάμεις φορτίσεις. Ακόμη όμως και αν η οστική γεωμετρία παίζει ρόλο στην δημιουργία ή όχι καταγμάτων κοπώσεως η κλινική σχέση όσον αφορά τον παράγοντα επικινδυνότητας είναι περιορισμένη.

2.2.8 Σκελετική Ευθυγράμμιση

Η ευθυγράμμιση του ποδιού και του κάτω άκρου μέσω της δημιουργίας περιοχών με συγκέντρωση τάσεων στο οστό μπορεί να προδιαθέσει σε κάταγμα κοπώσεως.

Η κατασκευή του ποδιού θα βοηθήσει να εξακριβωθεί πόση δύναμη απορροφάται από το πόδι και πόση μεταφέρεται στο οστό κατά την διάρκεια της επαφής με το έδαφος. Η πλατυποδία πολύ συχνά συνδέεται με υπερπρηνισμό που μπορεί να επιφέρει μεγάλο βαθμό συστροφής στην κνήμη και μετατροπή των συμπιεστικών φορτίων σε στρεπτικά (Ραφαηλίδης και συν., 2009).

Αντίθετα η υψηλή καμάρα (κοιλοποδία) είναι λιγότερο ικανή να απορροφήσει την απότομη δόνηση, έχοντας ως αποτέλεσμα να αναπτύσσονται μεγαλύτερου βαθμού τάσεις στην κνήμη και το ισχίο. Θεωρητικά καθένας από τους δύο τύπους μπορεί να προδιαθέσει σε κατάγματα κοπώσεως, αν και το πόδι με χαμηλή καμάρα (πλατυποδία) είναι συνήθως περισσότερο ευλύγιστο από ότι το πόδι με την υψηλή καμάρα που δεν

επιτρέπει η φόρτιση να απορροφάται από τις μυοσκελετικές κατασκευές του ποδιού. Η ανισότητα στο μήκος των κάτω άκρων μπορεί να παίζει μεγάλο ρόλο στην εμφάνιση καταγμάτων κοπώσεως. Τρεις είναι οι κυριότερες κατηγορίες και περιλαμβάνουν το λειτουργικό, ανατομικό και περιβαλλοντικά κοντό κάτω άκρο σε σχέση με την ανισότητα μήκους. Αυτές σχετίζονται με (Ραφαηλίδης και συν., 2009):

- το λειτουργικά κοντό κάτω άκρο που δημιουργείται από μυϊκή αδυναμία ή από ανελαστικότητα της πύελου ή της ποδοκνημικής,
- το κατασκευαστικά ή ανατομικά κοντό κάτω άκρο που σχετίζεται με την πραγματική ετερόπλευρη διαφορά στο μήκος σε μια ή και σε περισσότερες οστικές συνδέσεις του κάτω άκρου,
- το λόγο περιβάλλοντος κοντό κάτω άκρο, που προκύπτει λόγω της κατασκευαστικής μορφής των αυτοκινητοδρόμων και των άκρων τους που χρησιμοποιούνται σαν αθλητικές διαδρομές από πολλούς αθλητές.

Η ανισότητα στο μήκος του ποδιού φαίνεται να είναι υπεύθυνη για την πρόκληση πολλών μορφών προβλημάτων στο μυοσκελετικό σύστημα. Η ασυμμετρία της ισορροπίας και η άνιση στροφή των οστών όπως και η αύξηση της μυϊκής δραστηριότητας στα ασύμμετρα άκρα μπορεί σε παρατεταμένες ή επαναλαμβανόμενες σωματικές καταστάσεις φόρτισης να επηρεάσει την έκβαση και την τοποθεσία των καταγμάτων κοπώσεως. Οι δρομείς που δεν είχαν διαφορά στο μήκος του ποδιού τους δεν εμφάνισαν ή εμφανίζουν λιγότερο περιπτώσεις καταγμάτων κοπώσεως από ότι αυτοί με την ασυμμετρία στα κάτω άκρα. Άλλα χαρακτηριστικά ευθύ. Από όλα αυτά η γωνία Q είναι αυτή που έχει βρεθεί να σχετίζεται περισσότερο με τη εμφάνιση καταγμάτων κοπώσεως (Ραφαηλίδης και συν., 2009).

2.3 Κλινική εικόνα

Μπορεί να αναφέρεται ένα ιστορικό εντατικής και παρατεταμένης φυσικής δραστηριότητας στην οποία ο ασθενής δεν είχε προσαρμοστεί από πριν με κατάλληλη άσκηση (Λαμπίρης, 2007).

Τα κατάγματα κόπωσης παρουσιάζονται αρχικά με ήπιο πόνο εντοπισμένο σε μία περιοχή ή και διάχυτο ο οποίος προκαλείται κατά τη διάρκεια ή και μετά το τέλος της άσκησης. Στην φάση αυτή έχει δημιουργηθεί μία απλή ρωγμή στο οστό. Όταν η ρωγμή

μεγαλώσει σε διαστάσεις και επεκταθεί ο πόνος γίνεται περισσότερο έντονος και εντοπισμένος και συνοδεύεται από μείωση της τροχιάς κίνησης των γειτονικών αρθρώσεων, οίδημα (πρήξιμο), μείωση της δύναμης και της απόδοσης και αλλοίωση του τρόπου βάδισης. Ο πόνος μπορεί να μειωθεί μετά από ανάπαυση λίγων ημερών αλλά επανεμφανίζεται με την έναρξη της καταπόνησης. Εάν δεν αντιμετωπιστούν κατάλληλα τα κατάγματα κόπωσης μπορεί να οδηγήσουν σε πλήρες κάταγμα του οστού στο οποίο έχουν εμφανιστεί. Το κάταγμα αυτό καλείται παθολογικό και χρήζει χειρουργικής θεραπείας. Δεν επιτρέπεται όμως να διαλάβουν κατάγματα κόπωσης και να μην αντιμετωπίζονται κατάλληλα (Ohta-Fukushima et al., 2002).

Μια συνήθης σειρά εμφάνισης των συμπτωμάτων είναι η ακόλουθη. Στην αρχή εντοπισμένος πόνος μετά από άσκηση, κατόπιν κατά τη διάρκεια άσκησης και τέλος πόνος χωρίς άσκηση. Μερικές φορές ο ασθενής παρουσιάζεται μετά την πάρωση του κατάγματος, αναφέροντας ότι ψηλαφά μια διόγκωση (τον πόρο) (Λαμπίρης, 2007).

Αθλητές που παρουσιάζουν κατάγματα κόπωσης έχουν τα παρακάτω συμπτώματα (Ohta-Fukushima et al., 2002):

- Πόνο με τη δραστηριότητα που μειώνεται ή εξαφανίζεται με την ξεκούραση
- Πόνο που εμφανίζεται πρώιμα κατά την προπόνηση και είναι σταθερός στην εμφάνισή του
- Πόνο που αυξάνει με την πάροδο του χρόνου
- Πόνο που επιμένει και μετά την άσκηση

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η εμφάνιση πόνου κατά τη διάρκεια ή και μετά την προπόνηση δεν είναι φυσιολογική. Ο πόνος είναι όψιμο συμπτώματα όταν έχει ήδη επέλθει σημαντικός τραυματισμός ενός ιστού. Η ανεπαρκής αντιμετώπιση του αιτίου θα οδηγήσει αναπόφευκτα σε μετάπτωση σε χρόνιες καταστάσεις οι οποίες είναι πάντα δυσίατες και χρονοβόρες.

Κατά την κλινική εξέταση ο πάσχων είναι συνήθως κατά τα άλλα υγιής. Το πάσχον άκρο μπορεί να είναι εξοιδημένο ή ερυθρό. Μερικές φορές είναι ζεστό και συνήθως είναι επώδυνο. Ο πόρος μπορεί να είναι ψηλαφητός. Η προσπάθεια κάμψης του οστού είναι συνήθως επώδυνη (Λαμπίρης, 2007).

2.4 Κλινική διάγνωση

Πολλές παθήσεις όπως η οστεομυελίτιδα, το σκορβούτο και το σύνδρομο κακοποιημένου παιδιού μπορεί να χρειαστεί να διαφοροδιαγνωσθούν από ένα κάταγμα κόπωσης. Ο μεγάλος κίνδυνος όμως είναι μια λαθεμένη διάγνωση οστεοσαρκώματος. Το σπινθηρογράφημα παρουσιάζει μια αυξημένη πρόσληψη και στις δύο περιπτώσεις και δυστυχώς ακόμη και η βιοψία μπορεί να είναι παραπλανητική (Λαμπίρης, 2007).

2.4.1 Διαγνωστική Προσπέλαση

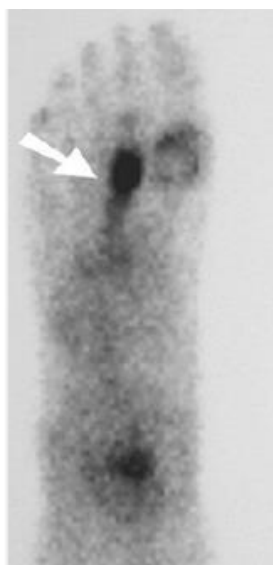
Η έγκαιρη διάγνωση των καταγμάτων κόπωσης γίνεται από τα κλινικά συμπτώματα και το ιστορικό. Δεν υπάρχει καμία δικαιολογία για την μη έγκαιρη διάγνωση των καταγμάτων κόπωσης. Όταν ένας αθλητής αναφέρει πόνο σε κάποια περιοχή του σώματος που δεν υποχωρεί με την ανάπαυση ή υποτροπιάζει θα πρέπει να εξετάζεται από κάποιον ειδικό που θα αναλάβει την διάγνωση και την αντιμετώπιση. Ο πόνος είναι χαρακτηριστικά αυξημένος κατά την άθληση και μπορεί να επιμένει και μετά το τέλος αυτής. Σε οστά που βρίσκονται σε υποδόρια θέση ο πόνος είναι εντοπισμένος. Σε οστά που βρίσκονται βαθύτερα στο σώμα και καλύπτονται από μύες ο πόνος είναι λιγότερο καλά εντοπισμένος (Γιαννακόπουλος, 2011).

Όταν εγερθεί η υποψία η πρώτη εξέταση που θα πρέπει να γίνει είναι η απλή ακτινογραφία της περιοχής που πάσχει. Μόνο στο 15% των περιπτώσεων όμως είναι εμφανής η καταγματική γραμμή στις απλές ακτινογραφίες. Μετά από 2-3 εβδομάδες όμως γίνεται εμφανής η λύση του οστού. Το αμέσως επόμενο διάστημα δημιουργείται γύρω από το οστό πάρος ο οποίος στη συνέχεια οστεοποιείται και το κάταγμα παρώνεται (**Εικόνα 8**). Η φυσιολογική διαδικασία επούλωσης διαρκεί 2-3 μήνες διάστημα κατά το οποίο θα πρέπει να προστατεύεται το οστό από την καταπόνηση (Γιαννακόπουλος, 2011).



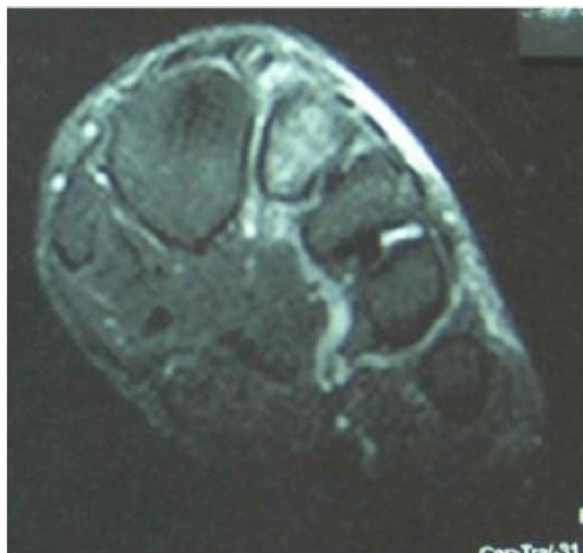
Εικόνα 8: Κάταγμα κόπωσης του 4ου μεταταρσίου του Δεξιού ποδός. Είναι εμφανής η δημιουργία οστικού πώρου (βέλος) γύρω από το κάταγμα. Η δημιουργία πώρου αποτελεί σημείο πώρωσης αλλά ο πώρος θα πρέπει να προστατευτεί μέχρι να ολοκληρωθεί η πώρωση.

Πρώιμη διάγνωση των καταγμάτων κόπωσης μπορεί να γίνει με την πραγματοποίηση σπινθηρογραφήματος οστών ή καλύτερα με την μαγνητική τομογραφία. Με το σπινθηρογράφημα πραγματοποιείται ενδοφλέβια έγχυση ενός ραδιοφαρμάκου το οποίο συγκεντρώνεται σε όλες τις περιοχές στις οποίες υπάρχει αυξημένη οστεοβλαστική δραστηριότητα (**Εικόνα 9**). Η δόση της ακτινοβολίας είναι σχετικά μικρή και η εξέταση είναι ασφαλής (Γιαννακόπουλος, 2011).



Εικόνα 9: Σπινθηρογράφημα οστών 3 φάσεων. Παρατηρείται αυξημένη πρόσληψη ραδιοφαρμάκου (βέλος) στην περιοχή του 4ου μεταταρσίου του AP ποδιού. Το σπινθηρογράφημα δεν αρκεί για να οριστικοποιηθεί η διάγνωση και συνήθως απαιτείται μαγνητική ή και αξονική τομογραφία.

Η οριστική διάγνωση του κατάγματος κόπωσης πραγματοποιείται με την μαγνητική τομογραφία στην οποία αποκαλύπτεται η παρουσία οστικού οιδήματος καθώς και η ύπαρξη της καταγματικής γραμμής. Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι αναγκαία η πραγματοποίηση και αξονικής τομογραφίας. Στην μαγνητική τομογραφία παρουσιάζεται χαμηλό σήμα στις ακολουθίες T1 και T2 καθώς και υψηλό σήμα λόγω της συνύπαρξης οιδήματος στον μυελό των οστών (**Εικόνα 10**). Η καταγματική γραμμή εμφανίζεται να εκτείνεται από τον ένα φλοιό προς τον άλλο κάθετα στον άξονα του οστού. Η μαγνητική είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε οστεοπορωτικούς ασθενείς στους οποίους η πρόσληψη ραδιοφαρμάκου στο σπινθηρογράφημα είναι χαμηλή. Με την μαγνητική τομογραφία είναι επίσης δυνατή η διαφορική διάγνωση μεταξύ κατάγματος και αρθρίτιδας, οστεομυελίτιδας, οστεονέκρωσης και όγκων (Γιαννακόπουλος, 2011).



Εικόνα 10: Μαγνητική τομογραφία σε κατάγμα κόπωσης του 2ου μεταταρσίου. Είναι εμφανές το οστικό οίδημα στο μετατάρσιο ως λευκή περιοχή εντός του οστού σε αντίθεση το σήμα χαμηλής έντασης που παρουσιάζουν τα υπόλοιπα μετατάρσια. Με την μαγνητική αποκλείεται η παρουσία άλλων παθήσεων όπως είναι οι όγκοι και οι φλεγμονές.

2.4.2 Διαφορική Διάγνωση

Τα κατάγματα κόπωσης θα πρέπει να διαφοροδιαγνωσθούν από άλλες παθήσεις οι οποίες έχουν διαφορετική θεραπεία και πρόγνωση. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται οι παρακάτω (Spitz & Newberg ,2002):

- Περιοστίτιδα κνήμης

- Σύνδρομο διαμερίσματος
- Οστεοειδές οστέωμα
- Χρόνια σκληρυντική οστεομυελίτιδα
- Οστεομαλακία
- Μεταστατικοί όγκοι
- Οστεοσάρκωμα
- Όγκος Ewing

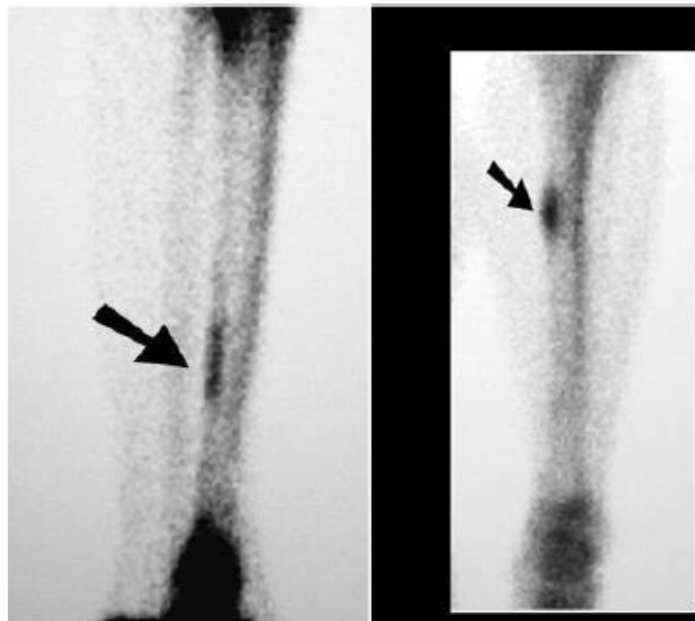
Σε όγκους είναι χαρακτηριστική η κλινική και ακτινολογική εικόνα, ο νυκτερινός ή ο συνεχής πόνος και η γενικότερη καταβολή του οργανισμού.

Η περιοστίτιδα της κνήμης αποτελεί συνήθη αιτία πόνου στην κνήμη σε αθλητές και είναι συχνότερη από τα κατάγματα κόπωσης. Ενοχοποιείται για το 10-15% όλων των τραυματισμών σε δρομείς και για το 60% των περιπτώσεων με πόνο στα κάτω άκρα. Στην περιοστίτιδα παρατηρείται ευαισθησία στο έσω χείλος της κνήμης και οφείλεται σε αποκόλληση ή ερεθισμό του περιστέου που παρεμβάλλεται μεταξύ οστού και μυών και οφείλεται σε σημαντική καταπόνηση των μυών. Η ευαισθησία σε κατάγματα κόπωσης είναι απολύτως εντοπισμένη σε ένα σημείο ενώ στην περιοστίτιδα εκτείνεται σε απόσταση μεγαλύτερη των 3 εκ. συνήθως 10-20 εκ. (**Εικόνα 11**). Στην περιοστίτιδα ο πόνος εμφανίζεται πρώιμα κατά την προπόνηση και στη συνέχεια με την συνέχιση της άσκησης υποχωρεί. Σε όψιμα στάδια ο πόνος είναι μόνιμος και μπορεί να παραμένει και μετά το πέρας της άσκησης. Στα κατάγματα κόπωσης ο πόνος εμφανίζεται στο τέλος της προπόνησης και επιμένει μετά το πέρας αυτής. Ένας ασθενής που πάσχει από περιοστίτιδα μπορεί να πραγματοποιήσει άλμα στο ένα πόδι χωρίς σημαντικά ενοχλήματα σε αντίθεση με κάποιον που πάσχει από κάταγμα κόπωσης της κνήμης (Γιαννακόπουλος, 2011).



Εικόνα 11: Στην περιστετίδα ο πόνος εντοπίζεται στην οπίσθια-έσω επιφάνεια της κνήμης και εκτείνεται σε απόσταση 10-20 εκ., ενώ στο κάταγμα κόπωσης ο πόνος είναι συνήθως υψηλότερα και σαφέστερα εντοπισμένος.

Πέραν της κλινικής εικόνας η απεικόνιση στο σπινθηρογράφημα είναι απολύτως χαρακτηριστική. Η συγκέντρωση του ραδιοφαρμάκου είναι εντοπισμένη στο κάταγμα κόπωσης και γραμμοειδής στην περιστετίδα (**Εικόνα 12**) (Γιαννακόπουλος, 2011).

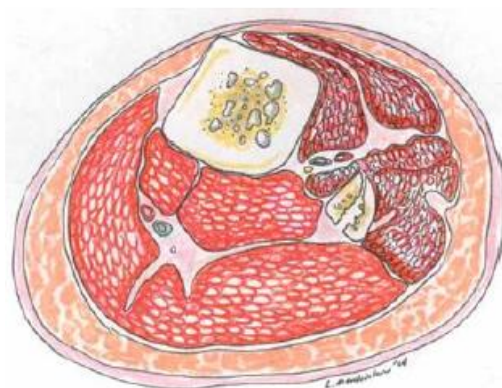


Εικόνα 12: Σπινθηρογράφημα οστών 3 φάσεων. Στην περιστετίδα (αριστερά) η συγκέντρωση του ραδιοφαρμάκου είναι γραμμοειδής και εκτείνεται σε μεγαλύτερη έκταση σε σχέση με το κάταγμα κόπωσης (δεξιά) στο οποίο η πρόσληψη του ραδιοφαρμάκου είναι εντοπισμένη (βέλος).

Η αντιμετώπιση της περιστετίδας είναι παρόμοια με αυτή των καταγμάτων κόπωσης αλλά η επάνοδος στην άσκηση αναμένεται να γίνει νωρίτερα, περίπου μετά από 4

εβδομάδες. Αρχικά θα πρέπει να διορθωθούν τα αίτια που προκάλεσαν το πρόβλημα και στη συνέχεια να βελτιωθεί η τεχνική και η ελαστικότητα και η δύναμη των μυών της κνήμης. Σε χρόνιες περιπτώσεις ενδείκνυται η χειρουργική επέμβαση που περιλαμβάνει αποκόλληση του περιοστέου της κνήμης (Γιαννακόπουλος, 2011).

Σημαντικό αίτιο πόνου στην έξω ή στην οπίσθια επιφάνεια της κνήμης αποτελεί το σύνδρομο διαμερίσματος από καταπόνηση. Εμφανίζεται συνήθως σε αθλητές που πραγματοποιούν στερότυπες κινήσεις όπως είναι οι δρομείς. Ακόμα και υπό φυσιολογικές συνθήκες η άσκηση προκαλεί οίδημα (αύξηση του όγκου) των μυών και αύξηση της πίεσης εντός του διαμερίσματος που περικλείονται (**Εικόνα 13**). Η πίεση αυτή υποχωρεί μετά το πέρας της άσκησης και επανέρχεται στα φυσιολογικά επίπεδα. Σε ορισμένες περιπτώσεις η πίεση αυξάνει πέρα από ορισμένα αποδεκτά όρια και το οίδημα των μυών έχει ως αποτέλεσμα την πίεση των αγγείων και των νεύρων της κνήμης οδηγώντας σε σοβαρό πόνο και αδυναμία συνέχισης της άσκησης. Οι μύες είναι εξοιδημένοι και ευαίσθητοι στην ψηλάφηση ενώ υπάρχει έντονος πόνος ακόμα και σε ηρεμία. Σε ακόμα σοβαρότερες περιπτώσεις η αύξηση της πίεσης είναι τόσο σοβαρή ώστε κινδυνεύει ακόμα και η επιβίωση του σκέλους λόγω της σημαντικής απόφραξης των αρτηριών και των φλεβών. Σε αυτές τις περιπτώσεις επιβάλλεται η άμεση χειρουργική αποσυμπίεση των διαμερισμάτων της κνήμης προκειμένου να διατηρηθεί η βιωσιμότητα του σκέλους. Σε ηπιότερες περιπτώσεις που δεν υποχωρούν με προφύλαξη και άλλα συντηρητικά μέσα η επέμβαση πραγματοποιείται σε περισσότερο ελεγχόμενες συνθήκες (Γιαννακόπουλος, 2011).



Εικόνα 13: Τα διαμερίσματα της κνήμης σε διατομή. Οι μύες, τα αγγεία και τα νεύρα βρίσκονται εντός σαφώς περιχαρακωμένων, ανένδοτων διαμερισμάτων. Η αύξηση της πίεσης εντός του διαμερίσματος λόγω οιδήματος των μυών οδηγεί σε σοβαρό πόνο και περιορισμό της λειτουργικότητας του άκρου.

2.5 Απεικονιστικές μέθοδοι

Η αναγκαιότητα του διαγνωστικού απεικονιστικού ελέγχου με την προϋπόθεση του ενδεδειγμένου κλινικού ελέγχου αμφισβητείται εφόσον η διάγνωση της πάθησης είναι κυρίως κλινική (Galbraith & Lavalley, 2009); Reshef & Guelich, 2012). Ωστόσο, ο απλός ακτινολογικός έλεγχος μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμος στην ανίχνευση μιας σειράς άλλων παθήσεων που προκαλούν άλγος και μείωση της λειτουργικότητας του κάτω άκρου όπως τα κατάγματα κόπωσης της κνήμης, οι οστικοί όγκοι και η ασβεστοποίηση των μαλακών ιστών (Gaeta et al., 2008).

Η Υπολογιστική Τομογραφία (CT), συνεισφέρει επίσης στην απεικόνιση βλαβών του φλοιού ενώ η Μαγνητική Τομογραφία (MRI), είναι ένα πολύ χρήσιμο διαγνωστικό εργαλείο για την απεικόνιση των βλαβών των μαλακών ιστών της περιοχής και με αυτό τον τρόπο στη διαφορική διάγνωση του συνδρόμου (Gaeta et al., 2008). Μια ιδιαίτερα επίσης σημαντική εξέταση με ενισχυμένη διαγνωστική αξία για το MTSS είναι ο σπινθηρογραφικός έλεγχος των οστών με Tc99m, το οποίο αναδεικνύει την αυξημένη δραστηριότητα των οστών κατά μήκος του περιφερικού άκρου του οστού της κνήμης, ενώ σε παρουσία κατάγματος κόπωσης αποκαλύπτει εστίες με υψηλή πρόσληψη ραδιοφαρμάκου ατρακτοειδούς σχήματος (Wilder & Sethi, 2004).

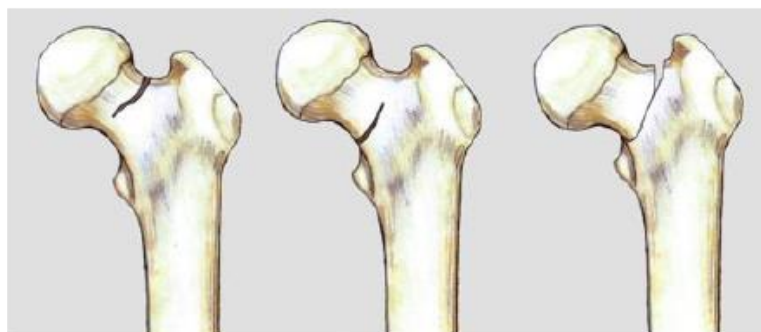
2.6 Θεραπεία

Τα κατάγματα κόπωσης θα πρέπει να αντιμετωπίζονται ως κανονικά, πλήρη, και σημαντικά κατάγματα. Θεμελιώδης λίθος στην αντιμετώπιση είναι η προφύλαξη και η αποφόρτιση του οστού. Οι φορτίσεις που ασκούνται στο οστό πρέπει να μειωθούν και να προφυλαχθεί κατά την περίοδο πώρωσης. Η ακριβής θεραπεία εξαρτάται από την βαρύτητα και τη θέση του κατάγματος. Σε γενικές γραμμές η αποφόρτιση του οστού επιτυγχάνεται με την χρήση βακτηριών και την τοποθέτηση γύψινων ναρθίκων ή καλύτερα ειδικών υποδημάτων. Το διάστημα ακινητοποίησης κυμαίνεται από 6-12 εβδομάδες. Η βελτίωση της διατροφής και η λήψη ασβεστίου, βιταμίνης D και συμπληρωμάτων διατροφής είναι επιθυμητή αλλά δεν έχει αποδεδειγμένη δραστηριότητα στην ευόδωση της πώρωσης των καταγμάτων σε αθλητές. Η τοπική παγοθεραπεία και η ευόδωση της επούλωσης με ηλεκτρομαγνητικές συσκευές είναι αποτελεσματικά μέσα. Σε επιλεγμένες περιπτώσεις ενδείκνυται η ενδοφλέβια έγχυση αντιοστεοκλαστικών

φαρμάκων, όπως είναι η παμιδρονάτη με τα οποία αποφεύγεται η επέκταση της οστικής λύσης και επιτυγχάνεται ταχύτερη επάνοδος στην δραστηριότητα (Moretti et al., 2009).

Η πρόγνωση κατά την αντιμετώπιση των διαφόρων καταγμάτων κόπωσης είναι σε γενικές γραμμές καλή με την προϋπόθεση της έγκαιρης διάγνωσης και της σωστής θεραπείας και αποθεραπείας. Επιπλοκές που είναι δυνατό να παρατηρηθούν κατά την αντιμετώπιση διαφόρων καταγμάτων κόπωσης είναι η παρεκτόπιση, η άσηπτη νέκρωση, η ψευδάρθρωση, η πλημμελής πόρωση, η μετατραυματική αρθρίτιδα και η παρουσία αναπηρικού πόνου (Moretti et al., 2009).

Ορισμένα κατάγματα κόπωσης είναι ιδιαίτερα επικίνδυνα και θα πρέπει να αντιμετωπίζονται άμεσα χειρουργικά. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι τα κατάγματα κόπωσης που εντοπίζονται στο άνω όριο του αυχένα του μηριαίου οστού (Εικόνα 14). Τα κατάγματα αυτά έχουν την τάση να παρεκτοπίζονται προκαλώντας πλήρες κάταγμα στον αυχένα του μηριαίου, βλάβη που είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη. Στην περίπτωση αυτών των καταγμάτων κόπωσης θα πρέπει να πραγματοποιείται άμεσα προφυλακτική οστεοσύνθεση του κατάγματος προκειμένου να αποφευχθούν οι επιπλοκές. (Miyamoto et al, 2009).



Εικόνα 14: Τα κατάγματα κόπωσης που παρατηρούνται στο άνω πέρας του μηριαίου οστού είναι δυνατό να εντοπίζονται στο άνω χείλος του αυχένα του μηριαίου (αριστερά) ή στο κάτω χείλος (μέσο). Περισσότερο επικίνδυνα είναι αυτά του άνω χείλους τα οποία είναι δυνατό να παρεκτοπισθούν και να προκαλέσουν πλήρες κάταγμα του αυχένα του μηριαίου (δεξιά), κατάσταση η οποία είναι ιδιαίτερα σημαντική και ο ασθενής θα πρέπει να υποβάλλεται σε άμεση χειρουργική επέμβαση.

Το κάταγμα κόπωσης που δημιουργείται στη διάφυση του 5ου μεταταρσίου αποκαλείται κάταγμα Jones (**Εικόνα 15**), είναι επίσης επιρρεπές σε παρεκτόπιση και ψευδάρθρωση και θα πρέπει να σταθεροποιείται χειρουργικά.

Τα κατάγματα κόπωσης που δημιουργούνται επίσης στον πρόσθιο φλοιό της κνήμης χρήζουν ειδικής προσοχής γιατί αργούν να πωρωθούν και είναι επιρρεπή σε καθυστερημένη πώρωση ή ψευδάρθρωση (Moretti et al., 2009).



Εικόνα 15: Τα κατάγματα Jones αποτελούν μία ειδική περίπτωση κατάγματος κόπωσης στο 5ο μετατόρσιο. Λόγω της υψηλής πιθανότητας παρεκτόπισης θα πρέπει να υποβάλλονται άμεσα σε οστεοσύνθεση.

2.7 Ο ρόλος της άσκησης στην πρόληψη των καταγμάτων κοπώσεως

Είναι μεγάλης σημαντικότητας ο ρόλος της άσκησης στην πρόληψη των καταγμάτων κοπώσεως αν αντιληφθεί κανείς τα εξής: Τα φορτία της φυσικής δραστηριότητας είναι υψηλότερα σε αυτούς τους αθλούμενους όπου αρχικά ήταν αγύμναστοι και αυτό συνδυάζεται με τα «προπονητικά λάθη» όπως την απότομη αλλαγή στη φυσική δραστηριότητα που αυξήθηκε ή με ένα νέο υιοθετημένο τρόπο τρεξίματος. Τα προπονητικά λάθη είναι η πιο κοινή αιτία των τραυματισμών στο τρέξιμο (Αθανασιάδης & Συλλόπουλος, 1996, σπ. αναφ οι Ραφαηλίδης και συν., 2009).

Στην ίδια έρευνα αναφέρεται «η σταθερότητα των συνηθειών στο τρέξιμο» σε σχέση πάντα με τις προηγούμενες κλινικές παρατηρήσεις. Οδηγούμενοι από τα παραπάνω, διαπιστώνουμε ότι ο σωστός τρόπος άσκησης είναι ένα ιδανικό μέσο πρόληψης για τα κατάγματα κοπώσεως. Αυτό εξηγείται ως εξής: μύες των οποίων το μήκος περιορίζει το πλήρες εύρος της ραχιαίας κάμψης συνήθως μεταδίδουν στρεπτικά φορτία στη κνήμη, απαιτείται λοιπόν ένα σωστό πρόγραμμα ευλυγισίας στους δρομείς που θα επιτρέψει τη χρησιμοποίηση όλου του μήκους των μυών στα κάτω άκρα και θα περιορίσει τις επαναλαμβανόμενες συσπάσεις των μυών γύρω από την κνήμη που προδιαθέτουν σε σύνδρομο υπέρχρησης όπως τα κατάγματα κοπώσεως. Το πρόγραμμα της ευλυγισίας – διάτασης θα πρέπει να είναι τμήμα όλων των προγραμμάτων τρεξίματος σε όλα τα

επίπεδα και όλων των μυϊκών ομάδων του κάτω άκρου (προσαγωγών, τετρακέφαλου, γαστροκνημίας, μακρού πελματικού) (Αθανασιάδης & Συλλόπουλος, 1996, οπ. αναφ οι Ραφαηλίδης και συν., 2009).

Σύμφωνα πάλι με την Beck (1998, οπ. αναφ. οι Ραφαηλίδης και συν., 2009). όπως η μυϊκή ευλυγισία έτσι και η εγκατάσταση μιας φυσιολογικής μυϊκής δύναμης στο πόδι και η ικανότητα αντοχής μπορεί να είναι ένα αποτελεσματικό μέσο πρόληψης για τραυματισμένο αθλητή. Πράγματι η προπόνηση δύναμης με συνέπεια δυνατούς μυς σε ένα άκρο (σε συνδυασμό φυσικά με την κατάλληλη ευλυγισία) μπορεί να προστατέψει από κατάγματα κοπώσεως μειώνοντας τις δυνάμεις αντίδρασης στις αρθρώσεις και μοιράζοντας το φορτίο με τα παρακείμενα οστά (Taylor & Kuiper, 2001). Ασκήσεις ενδυνάμωσης που μπορεί να προταθούν είναι ενδυνάμωση των ραχιαίων καμπτηρών του κάτω άκρου και του τετρακέφαλου. Όσον αφορά την άσκηση και τη δυναμική της σχέση με την εμφάνιση των καταγμάτων κοπώσεως, από την έρευνα των Taylor & Kuiper (2001) προκύπτουν τα εξής:

- Ο κίνδυνος εμφάνισης του κατάγματος κοπώσεως είναι κατά προσέγγιση ανάλογος προς τον χρόνο που διαρκεί η άσκηση. Με περισσότερη ακρίβεια, αναμένεται να είναι ανάλογος προς τον χρόνο υψωμένο σε μια δύναμη ίση με 1,2.
- Ο κίνδυνος αυξάνεται δραματικά με την αύξηση της έντασης της άσκησης, και είναι ανάλογος της εφαρμοζόμενης δύναμης εις την όγδοη. Για παράδειγμα, οι δραστηριότητες βάδιση, τζόκινγκ, τρέξιμο απόστασης έχουν σχετική αναλογία επικινδυνότητας 0,05:1:32.
- Γηραιότεροι άνθρωποι (πάνω από 50 ετών) παρουσιάζουν έναν υψηλότερο κίνδυνο από ότι νεότεροι ώριμοι άνθρωποι (20 με 30 ετών).

2.7.1 Η καλή φυσική κατάσταση ως μέσο πρόληψης

Όταν η κινητικότητα υποβαθμιστεί και σε αντικατάσταση θεωρηθεί ότι πρέπει να μπει η δύναμη τότε η συχνότητα των τραυματισμών γίνεται έντονη. Ένας άλλος παράγοντας, σχετικός με τη φυσική κατάσταση και ο οποίος ευνοεί την εμφάνιση των τραυματισμών, είναι η κούραση. Όταν επέλθει η κούραση του μυοσκελετικού συστήματος, τροποποιείται η ταχύτητα της νευρομυϊκής αντίδρασης με αποτέλεσμα να παρουσιάζεται ανισορροπία στη λειτουργία των συναγωνιστών και ανταγωνιστών μυών

και αυτό επειδή η χάλαση, η οποία πρέπει να ακολουθήσει, μετά από μια έντονη μυϊκή συστολή, δεν επέρχεται φυσιολογικά αλλά με καθυστέρηση. Κακή φυσική κατάσταση σημαίνει (Ραφαηλίδης και συν., 2009):

- Έλλειψη απόκτησης του πλήρους εύρους τροχιάς μιας ή περισσότερων αρθρώσεων (ιδίως μεγάλων και κεντρικών).
- Έλλειψη ικανότητας και αντοχής των οστών, τενόντων, συνδέσμων, αρθρικών θυλάκων.
- Απουσία προηγμένου νευρομυϊκού συντονισμού, δηλαδή ή μειωμένη χρονικά απάντηση του μυ σ' ένα αισθητικό ερέθισμα ή η μειωμένη ιδιοδεκτική πληροφόρηση είναι προάγγελος κακής λειτουργίας του νευρομυϊκού συστήματος και
- Αποκλίσεις μυϊκής δύναμης και για την ακρίβεια η έλλειψη δύναμης του πρωταγωνιστή μυ και οι ετερόπλευρες διαφορές δύναμης είναι μεγαλύτερες από 0,10%, Lynsford.

2.7.2 Η εκμετάλλευση της προσαρμοστικής ικανότητας του οστού για τη μείωση της συχνότητας των καταγμάτων κοπώσεως

Όπως είχε διαπιστωθεί κατά τον 19ο αιώνα από τον ανατόμο/χειρουργό Julius Wolff το οστό σε ένα υγιές άτομο ή ζώο προσαρμόζεται αναλόγως στα φορτία που του εφαρμόζονται. Αν τώρα σε ένα συγκεκριμένο οστό το φορτίο αυξηθεί το οστό θα αυτοανακατασκευαστεί για να γίνει δυνατότερο έτσι ώστε να προβάλλει αντίσταση σε αυτό το είδος φορτίου και σαν αποτέλεσμα ο εξωτερικός φλοιός του οστού γίνεται παχύτερος. Στην αντίθετη περίπτωση, αν το φορτίο σε ένα οστό μειωθεί το οστό γίνεται πιο αδύναμο στην στρέψη και αυτό επειδή α) προκύπτει μείωση του μεταβολισμού αποκατάστασης και β) δεν υπάρχει ερέθισμα για συνεχή ανακατασκευή του οστού που απαιτείται στην αποκατάσταση της οστικής μάζας (Ραφαηλίδης και συν., 2009).

Επίσης το σκληρό οστό μπορεί να ανεχτεί περισσότερο φορτίο. Οι συγγραφείς Greaney et al. (οπ. αναφ. οι Ραφαηλίδης και συν., 2009) λοιπόν υπέθεσαν ότι η αλλαγή στον τύπο της φυσικής άσκησης μπορεί να δημιουργήσει σκληρότερο οστό από ότι το τρέξιμο και συνακόλουθα να αποτελέσει έναν παράγοντα πρόληψης για τα κατάγματα κοπώσεως. Με την διαπίστωση μάλιστα ότι κατά την καλαθοσφαίριση η κορυφαία οστική συμπίεση και τάση κυμαίνεται σε επίπεδα μεγαλύτερα των 2 με 5,5 φορτίων από

ότι κατά την διάρκεια της βάρδιας και περίπου 10% με 50% υψηλότερα κατά την διάρκεια του τρεξίματος, η λογική στρατηγική που προκύπτει από την έρευνα αυτή είναι ότι για την μείωση της συχνότητας των καταγμάτων κοπώσεως οι αθλητές θα πρέπει να προσαρμόσουν κατάλληλα τα οστά τους πριν την βασική τους προπόνηση (Ραφαηλίδης και συν., 2009).

Αυτό θα περιλαμβάνει ένα προεκπαιδευτικό πρόγραμμα για ένα διάστημα σχεδόν 2 χρόνων από κατάλληλα εφαρμόσιμες ασκήσεις που παράγουν υψηλά φορτία τάσης, τα οποία μιμούνται τον βαθμό των τάσεων που αναπτύσσονται κατά την διάρκεια της καλαθοσφαίρισης. Ένα τέτοιο πρόγραμμα θα σκλήρυνε ιδανικά το οστό και δεν θα οδηγούσε σε κατάγματα κοπώσεως κατά την διάρκεια της περιόδου προσαρμογής (Ραφαηλίδης και συν., 2009).

Πριν αρχίσει ή τροποποιηθεί ουσιαστικά το προπονητικό πρόγραμμα φόρτισης θα πρέπει να (Ραφαηλίδης και συν., 2009):

- Παρατηρηθεί (εξεταστεί - αξιολογηθεί) το ιστορικό προηγούμενου τραυματισμού και να διασφαλιστεί ότι οι παλαιότεροι τραυματισμοί έχουν αποκατασταθεί συνολικά και κατάλληλα.
- Αξιολογηθεί η σύνδεση του κάτω άκρου και να διορθωθούν διαμέσου προπόνησης δύναμης και με ή μόνο με τη χρήση ορθωτικών μέσων (δίνοντας ιδιαίτερη βαρύτητα στην διόρθωση του υπερπρηνισμού).
- Διορθωθεί η ακατάλληλη τεχνική τρεξίματος.
- Μεγιστοποιηθεί η ευλυγισία των μυών της γαστροκνημίας.
- Διασφαλιστεί ότι το άτομο δίνει προσοχή στην φυσιολογική δύναμη των γαστροκνημίου υποκνημιδίου και να επαυξηθεί η μυϊκή δύναμη του πρόσθιου και οπίσθιου κνημιαίου (να μην υπερπροπονηθούν όμως οι γαστροκνήμιος-υποκνημίδιος).

Κατά τη διάρκεια της προπόνησης θα πρέπει να (Ραφαηλίδης και συν., 2009):

1. Φοριέται ελαφρού τύπου και εξειδικευμένη με το άθλημα υπόδηση που διασφαλίζει την επαρκή απορρόφηση των κραδασμών και να γίνεται αντικατάσταση της περίπου κάθε 500 με 700Km απόστασης τρεξίματος.
2. Αυξηθεί η ένταση της προπόνησης βαθμιαία κατά την περίοδο πολλών εβδομάδων εισάγοντας μόνο λόφους, διαλειμματική προπόνηση, αλτικές

ασκήσεις με υψηλή ένταση και εξειδικευμένες ασκήσεις για το άθλημα μετά από περίπου 6 εβδομάδες βαθμιαίας προπόνησης.

3. Εκκινηθεί η προπόνηση σε επιφάνειες που απορροφούν τους κραδασμούς στην μεγαλύτερη έκταση τους, όπως ασφαλτος επιπέδου, προοδευτικά σε συνθετικό γήπεδο και μετά σε γρασίδι, άμμο και ανομοιόμορφο έδαφος, μετά ταύτα ποικίλλοντας στην επιφάνεια προπονήσεως.
4. Διατηρηθεί μια κατάλληλη πρόσληψη διατροφικού ασβεστίου (το λιγότερο 1000 mg/ μέρα) έτσι ώστε να είναι ικανός ο αθλητής να επιτύχει μια υγιεινή ανόργανη οστική κατάσταση κατά την διάρκεια της οστικής δημιουργίας και επαναδημιουργίας.
5. Διατηρούν οι αθλήτριες ένα φυσιολογικό κύκλο οιστρογόνων, λαμβάνοντας υπόψη ότι στην εμμηνορροϊκή δυσλειτουργία μπορεί να είναι σημάδι προειδοποίησης.

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: ΠΡΟΛΗΨΗ ΚΑΤΑΓΜΑΤΩΝ ΚΟΠΩΣΕΩΣ

3.1 Πρόληψη για αθλητές

Η σημαντικότερη θεραπεία είναι η πρόληψη. Για το λόγο αυτό ο αθλητής θα πρέπει (Γιαννακόπουλος, 2011):

- να χρησιμοποιεί κατάλληλο εξοπλισμό (υποδήματα, ρακέτες, μπάλες κλπ)
- να αυξήσει προοδευτικά την καταπόνηση του σώματος τόσο σε ένταση όσο και σε συχνότητα
- να μην πραγματοποιεί μόνο ένα είδος προπόνησης. Η διασταυρούμενη προπόνηση (Crosstraining) περιλαμβάνει την πραγματοποίηση διαφόρων δραστηριοτήτων προκειμένου να βελτιωθεί η φυσική κατάσταση του αθλητή.
- να περιλαμβάνει πάντα ασκήσεις διάτασης και ενδυνάμωσης στην προπόνηση.
- να ακολουθεί υγιεινή διατροφή ενισχυμένη σε ασβέστιο και βιταμίνες
- να διακόψει την άσκηση αν εμφανίζει οποιοδήποτε ενόχληση.
- να βελτιώσει την τεχνική και να διορθώσει τα προπονητικά λάθη

3.2 Αμερικάνικο μοντέλο πρόληψης καταγμάτων κόπωσης

Στο πλαίσιο της πρόληψης των καταγμάτων κόπωσης επομένως συστήνεται η προοδευτική αύξηση της έντασης και του όγκου των κινητικών δραστηριοτήτων, η επιλογή κατάλληλων υποδημάτων, η χρήση ορθωτικών, η αποφυγή άσκησης σε πολύ σκληρά ή πολύ μαλακά εδάφη.

Το Αμερικάνικο μοντέλο πρόληψης των καταγμάτων κόπωσης διέπεται από τις ακόλουθες βασικές αρχές:

- Ισορροπημένη εκγύμναση του σώματος
- Σταδιακή επιβάρυνση
- Έμφαση στην αερόβια άσκηση
- Διεξαγωγή προθέρμανσης και αποθεραπείας ('χαλάρωμα')
- Εξειδίκευση των ασκήσεων

3.2.1 Αμερικάνικο μοντέλο πρόληψης καταγμάτων κόπωσης για ανθρώπους που αθλούνται

Η Αμερικανική εταιρία φυσιοθεραπευτών συστήνει σε αυτούς που αθλούνται περιστασιακά και δεν είναι αθλητές τα εξής:

- Να θέτουν προοδευτικούς στόχους για την επίτευξη μιας αθλητικής δραστηριότητας.
- Να συνδυάζουν ασκήσεις που επιτυγχάνουν τον ίδιο στόχο, ώστε να μειωθεί η πιθανότητα κατάγματος. Έτσι αντί να τρέχουν κάθε μέρα, μπορούν να ποδηλατούν εναλλάξ με το τρέξιμο, μιας και θα πετύχουν το ίδιο καρδιοαναπνευστικό αποτέλεσμα.
- Να προσέξουν τη διαίτά τους, καθώς απαιτείται διατροφή πλούσια σε ασβέστιο και βιταμίνη D.
- Να μην φορούν παλιά ή φθαρμένα παπούτσια.

3.2.2 Πρόληψη σε γυναίκες με οστεοπόρωση

Με βάση την έρευνα των Καφαντάρη και συν. (2008), προέκυψε ότι η εφαρμογή ενός προγράμματος άσκησης με βάρη και αερόβιας άσκησης για χρονικό διάστημα έξι μηνών είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στην αύξηση της οστικής μάζας γυναικών μέσης και τρίτης ηλικίας, μειώνοντας τον κίνδυνο κατάγματος εκ κοπώσεως.

Παρόλα αυτά, λόγω του πλήθους των αντικρουόμενων μελετών δε μπορεί να γενικευθεί το συμπέρασμα αυτό, καθώς απαιτούνται αρκετές ακόμα μελέτες με περισσότερα άτομα και σε διαφορετικές συνθήκες. Ωστόσο αυτό το πρόγραμμα άσκησης συνέβαλε στη βελτίωση της σύστασης του σώματος των ασκουμένων, της αντοχής στην κόπωση, της ευκαμψίας και της μυϊκής δύναμης με αποτέλεσμα τη βελτίωση της φυσικής κατάστασης και της ισορροπίας, παράγοντες που συμβάλλουν καθοριστικά στη μείωση των πτώσεων και των καταγμάτων εκ κοπώσεως (Καφαντάρη και συν.,2008).

Ανεξάρτητα λοιπόν απ' την ηλικία των ασκουμένων, υπάρχει βελτίωση της φυσικής κατάστασης μέσω της άσκησης και καθοριστική συμβολή στην ποιότητα ζωής των ατόμων μέσης και τρίτης ηλικίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: ΦΥΣΙΟΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΕ ΚΑΤΑΓΜΑΤΑ ΚΟΠΩΣΕΩΣ

4.1 Προληπτική φυσιοθεραπεία

Ο ρόλος της φυσικοθεραπείας στην πρόληψη των καταγμάτων κοπώσεως είναι πολύ σημαντικός, τόσο μάλιστα αν αναλογιστεί κάποιος τις επιπτώσεις που θα έχει στον αθλητή και στις αθλητικές/επαγγελματικές του προοπτικές μια μακρόχρονη αγωνιστική αποχή. Τα κατάγματα κοπώσεως όπως έχει αναφερθεί ήδη οφείλονται σε ένα συνδυασμό παραγόντων ή σε κάποιο συγκεκριμένο παράγοντα.

Η φυσικοθεραπεία εδώ συμβάλλει στην εξεύρεση του παράγοντα αυτού μέσω αξιολόγησης και στην σωστή και αποτελεσματική του διαχείριση. Για παράδειγμα, σε έρευνα των Kaufman et al., (οπ. αναφ. οι Ραφαηλίδης και συν., 2009) αναγνωρίστηκαν διάφοροι παράγοντες επικινδυνότητας που προδιαθέτουν σε τραυματισμούς υπέρχρησης οι οποίοι περιλαμβάνουν μια ανελαστική πλατυποδία, κοιλοποδία, περιορισμένη ραχιαία κάμψη ποδοκνημικής και αυξημένη μετατόπιση του αστραγαλοπτερνικού τμήματος κ.α. όπως παραπάνω. Άτομα είτε με κοιλοποδία είτε με πλατυποδία που μετρήθηκαν και δυναμικά και στατικά είχαν κατά συνέπεια περίπου 2 φορές πιο αυξημένη συχνότητα του συνδρόμου συγκρινόμενα με τα υποκείμενα που παρουσίαζαν το μέσο όρο της ποδικής καμάρας. Οι Huang et al. (οπ. αναφ. οι Ραφαηλίδης και συν., 2009) διαπίστωσαν ότι η συνολική σταθερότητα στο μεγαλύτερο βαθμό επιτυγχάνεται καταρχήν μέσω της πελματιαίας περιτονίας και των πελματιαίων συνδέσμων και από τον περνοσκαφοειδή σύνδεσμο. Οι παθητικές δομές του ποδιού έχουν δυνατότητες αποθήκευσης ενέργειας που εξαρτώνται και από τις γεωμετρικές και από τις ελαστικές τους ιδιότητες. Η αυξημένη ενέργεια που απαιτείται για το τρέξιμο αποθηκεύεται μέσω των ελαστικών δομών στο πόδι και τον άκρο πόδα και ειδικότερα στην επιμήκη καμάρα.

Ο ρόλος των μυών στην σταθερότητα της καμάρας δεν είναι ξεκάθαρος. Όταν τα ταρσιαία οστά δεν είναι συνδεδεμένα κατάλληλα μεταξύ τους το φορτίο μεταφέρεται περισσότερο από τους μύες, κατάσταση που οδηγεί σε κατάρρευση της καμάρας με ότι συνεπακόλουθο επιφέρει αυτό. Ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας επικινδυνότητας

όπως αναφέρθηκε είναι και ο υπερπρηνισμός. Μερικού βαθμού πρηνισμός της ποδοκνημικής είναι φυσιολογικός αλλά ο υπερβολικός πρηνισμός είναι εν δυνάμει επιβλαβής. Ο υπερπρηνισμός «μεταφέρεται» διαμέσου της κνημιαίας περιστροφής και υπερφορτίζει το γόνατο. Η διαπίστωση που υπάρχει είναι ότι όλο το κάτω άκρο πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σαν ένα ενιαίο σύνολο και αυτό επειδή μπορεί η μεν κνημιαία στροφή να επέρχεται από τον υπερπρηνισμό αλλά αυτός με την σειρά του μπορεί να προέρχεται από καταστάσεις ανατομικής ανωμαλίας όπως π.χ. ραιβή κνήμη 10° και περισσότερο, συνδεσμική αστάθεια, ή εξαιτίας μυϊκών καταστάσεων όπως μυϊκή αδυναμία ή σφιχτός γαστροκνήμιος ή μακρός πελματικός, που μπορεί να επηρεάσουν άμεσα τόσο το ισχίο όσο και την λεκάνη (Ραφαηλίδης και συν., 2009).

4.1. 1 Φυσιοθεραπευτική προσέγγιση σε περίπτωση κατάγματος

Μετά από κάθε κάταγμα και την ορθοπαιδική του αποκατάσταση, είναι άκρως απαραίτητη η φυσικοθεραπευτική αποκατάσταση. Η φυσικοθεραπευτική αποκατάσταση έχει ως κύριους στόχους: την αύξηση της ανώτερης οστικής μάζας, την διατήρηση ή αύξηση της οστικής πυκνότητας σε οστεοπορωτικές ομάδες, τη βελτίωση της μυϊκής δύναμης, τη βελτίωση της ισορροπίας, τη διατήρηση του εύρους κίνησης των αρθρώσεων, τη βελτίωση της στάσης, τη βελτίωση της καρδιαγγειακής λειτουργίας, τη ψυχοσυναισθηματική βελτίωση και τέλος την ενδεδειγμένη ενημέρωση του ασθενούς.

Με την φυσικοθεραπεία, ο ασθενής, υποβάλλεται σε μια σειρά ασκήσεων, που έχουν σαν σκοπό να του διδάξουν τη σωστή θέση του σώματος, τη ενδυνάμωση των κοιλιακών και παρασπονδυλικών μυών και τη διατήρηση ή βελτίωση της κινητικότητας των αρθρώσεων του.

Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με ασκήσεις αερόβιες, με ασκήσεις φόρτισης προοδευτικού τύπου, με ασκήσεις μυϊκής ενδυνάμωσης, που είναι **ισομετρικές ή ισοτονικές**.

Ισομετρική άσκηση είναι η άσκηση κατά την οποία ο μυς ενώ εκτελεί μεγάλη συστολή για να υπερνικήσει μέγιστη αντίσταση αυξάνει μόνο τον τόνο του, ενώ το μήκος του παραμένει σταθερό. Είναι απλές και μαθαίνονται εύκολα, δεν χρειάζονται μηχανήματα και δεν απαιτούν πολύ χρόνο. Ο ασκούμενος καταβάλλει μεγάλη προσπάθεια για να υπερνικήσει μεγάλη αντίσταση και η δύναμη του αυξάνει προοδευτικά.

Ισοτονική άσκηση είναι η άσκηση όπου υπάρχει ενεργητική σύσπαση του μυός με την οποία επέρχεται κίνηση της άρθρωσης. Η ισοτονική άσκηση διακρίνεται σε μειομετρική και πλειομετρική. Η **μειομετρική σύσπαση** είναι η σύσπαση εκείνη, κατά την οποία αναπτύσσεται τέτοια τάση σε έναν μυ, που να μπορέσει να υπερνικήσει μια αντίσταση και να μπορέσει να προκαλέσει κίνηση σε μια άρθρωση. **Πλειομετρική σύσπαση** είναι η σύσπαση εκείνη, κατά τη διάρκεια της οποίας αυξάνεται το μήκος του μυός. Στην πλειομετρική σύσπαση δεν εφαρμόζεται τέτοια τάση στο μυ, που να μπορεί να υπερνικήσει μια δύναμη ή να τη σταματήσει, μπορεί όμως να υπερνικήσει την ορμή της. Πλεονεκτήματα της ισοτονικής άσκησης είναι: α) ότι η δύναμη που θέλουμε να πετύχουμε δίνεται στη σωστή γωνία έλξης και ελέγχεται, β) προσφέρει κίνητρο στον ασθενή και δεν είναι βαρετές, γ) βελτιώνεται η μυϊκή αντοχή του. Μειονεκτήματα της ισοτονικής άσκησης είναι ότι δεν μπορούν να εφαρμοστούν νωρίς, γιατί μπορεί να προκαλέσουν αρθρικό ερεθισμό και δεν είναι ασφαλείς όταν υπάρχει επώδυνη τροχιακή κίνηση. Οι στόχοι της θεραπευτικής άσκησης περιλαμβάνουν την πρόληψη της δυσλειτουργίας, όπως επίσης την ανάπτυξη, βελτίωση, αποκατάσταση ή διατήρηση:

- i. **της δύναμης**, που μπορεί να επιτευχθεί με την αρχή της υπερφόρτισης και με υψηλής έντασης άσκηση,
- ii. **της αντοχής και της καρδιαγγειακής κατάστασης**, όπου κατά τη διάρκεια της άσκησης υπάρχει αυξημένη αιματική ροή, αυξημένη καρδιακή συχνότητα, αυξημένη αρτηριακή πίεση, αυξημένη απαίτηση και κατανάλωση οξυγόνου, αυξημένη συχνότητα και βάθος της αναπνοής.
- iii. **της κινητικότητας και της ελαστικότητας**,
- iv. **της σταθερότητας**,
- v. **της χαλάρωσης**,
- vi. **της συνεργείας**
- vii. **της ισορροπίας**,
- viii. **των λειτουργικών δεξιοτήτων.**

Ιδιαίτερα χρήσιμα είναι επίσης ορισμένα θεραπευτικά μέσα όπως η **υδροθεραπεία**, πολλές ασκήσεις στις οποίες οι ασθενείς δυσκολεύονται να τις πραγματοποιήσουν επί εδάφους μπορούν να τις πραγματοποιήσουν με καλά αποτελέσματα μέσα στο νερό. Επίσης, είναι ιδιαίτερα επωφελής διότι τους δίνει αυτοπεποίθηση και βεβαιότητα στην ισορροπία και στην κίνηση τους αποτρέποντας νέες πτώσεις.

Ο Διαδερμικός Ηλεκτρικός Νευρικός Ερεθισμός (TENS) χαρακτηρίζεται ως η εφαρμογή ηλεκτρικών παλμών, οι οποίοι μέσω του δέρματος επενεργούν στα νεύρα με στόχο την αναστολή του πόνου. Βάσει της θεωρίας της πύλης ελέγχου (gate control theory), που προτάθηκε από τους Ronald Melzack και Patrick Wall το 1965. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή οι σωματικές αισθήσεις (αφή, πίεση, δόνηση κλπ) και ο πόνος μεταδίδονται με διαφορετικού τύπου ίνες: Α ίνες για τις σωματικές αισθήσεις, Αδ και C για τον πόνο. Η πύλη αυτή επιτρέπει να περάσει μόνο ένα είδος αισθητικών ώσεων, με αποτέλεσμα η αγωγή μέσω της πύλης σωματικών αισθήσεων, όπως της αφής, της πίεσης και της δίνησης να αναστέλλει το πόνο. Σύμφωνα με τον Melzack (1983) οι ώσεις που εισέρχονται στο ΚΝΣ διαμορφώνονται στις διαδοχικές συνάψεις σε όλα τα επίπεδα της προώθησης τους, από το νωτιαίο μυελό ως τις νευρωτικές περιοχές, που είναι υπεύθυνες για την αντίληψη και την αντίδραση του πόνου.

Τα υπερερεθιστικά ρεύματα κατά τον Treabert. Τα ρεύματα αυτά εφαρμόστηκαν για πρώτη φορά από τον Treabert με στόχο την καταστολή των συμπτωμάτων (αναλγησία, μυοχάλαση, απορρόφηση) Κατά την εφαρμογή τους προκαλείται: α) αύξηση της αιμάτωσης (υπεραιμία), β) μεταβολή του μυϊκού τόνου (μυοχάλαση), γ) μεταβολή των ενζυματικών εκκρίσεων, δ) αναλγησία

Τα διαδυναμικά ρεύματα, τα οποία είναι τροποποιούμενα ρεύματα ημιτονοειδούς μορφής, απλής (50 Hz) ή διπλής (100 Hz) ανόρθωσης του εναλλασσόμενου ρεύματος, τα οποία σε συνδυασμό (μίξη) με το γαλβανικό ρεύμα εφαρμόζονται με στόχο την καταστολή των συμπτωμάτων. Οι επιδράσεις τους είναι: α) η αναλγησία, ιδιαίτερα στην περιοχή της καθόδου (-), β) η υπεραιμία με την τοπική εφαρμογή στη θεραπεύσιμη περιοχή (local application), τη γαγγλιακή εφαρμογή όταν ερεθίσουμε το αντίστοιχο συμπαθητικό γάγγλιο και με τη μηχανική πίεση των αγγείων κατά την μυϊκή συστολή. γ) η απορρόφηση όπου κατά την ροή των ΔΔ ρευμάτων σε μια τοπική εφαρμογή, αυξάνεται η διαπερατότητα των αγγειακών τοιχωμάτων κι αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της απορρόφησης των οιδημάτων, των αιματωμάτων και γενικά όλων των προϊόντων του μεταβολισμού.

Η θερμότητα, η οποία μπορεί να επιτευχθεί με διάφορα θεραπευτικά μέσα όπως: **το δινόλουτρο**, είναι μέσο υγρής θερμότητας που αποτελείται απο μια συσκευή που περιέχει νερό στο οποίο δημιουργούνται δίνες από μια τουρμπίνα. Το δινόλουτρο σαν επιπολής θερμοθεραπευτικό μέσο προσφέρει περισσότερο από κάθε άλλη μορφή υγρής

θερμότητας, διότι αφ' ενός αυξάνει τη θερμοκρασία των θεραπευόμενων περιοχών και αφ' ετέρου με τη μαλακτική δράση των δινών αυξάνει τη λεμφική και αιματική κυκλοφορία, βοηθώντας έτσι και την απορρόφηση των οιδημάτων και αιματομάτων, **η διαθερμία**, όπου είναι η θεραπευτική μέθοδος που στοχεύει στη θέρμανση των βαθύτερων ιστών μέσω μιας τεχνικής διάταξης, όπου η εκπεμπόμενη υψίσυχνη ηλεκτρική και ηλεκτρομαγνητική ενέργεια μετατρέπεται μέσα στο σώμα σε θερμότητα. Η εφαρμογή τους ασκεί συγκεκριμένες φυσιολογικές επιδράσεις στον οργανισμό: α) Μέσω της θερμότητας που παράγεται (αύξηση μέχρι 2°C) δημιουργεί την υπεραιμία, η οποία δεν εντοπίζεται μόνο στην περιοχή εφαρμογής, αλλά μέσω αντανakλαστικών οδών και της κυκλοφορίας του αίματος, μεταφέρεται και σε απομακρυσμένα όργανα. β) την αύξηση της τοπικής αιμάτωσης, που είναι αποτέλεσμα της αγγειοδιαστολής και υπολογίζεται σε ποσοστό 80 – 200%, γ) μετά από μια σειρά συνεδριών ο ενεργητικός μεταβολισμός αυξάνεται και η αύξηση αυτή οφείλεται τόσο στον νόμο αντίδραση – ταχύτητα – θερμοκρασία, όσο και στο νόμο της όσμωσης κατά την οποία αυξάνεται η διαπερατότητα των τριχοειδών αγγείων, **τα θερμά επιθέματα**, τα επιθέματα θερμαίνονται εμβυθιζόμενα σε νερό με τη θερμοκρασία του νερού στους 76,6°C και μπορούν να διατηρήσουν τη θερμοκρασία τους περισσότερο από μισή ώρα. Τα αποτελέσματα είναι α) τοπική αύξηση της κυκλοφορίας, β) μυϊκή χαλάρωση, γ) αύξηση των καρδιακών παλμών και του ρυθμού της αναπνοής και δ) ελάττωση της πίεσης του αίματος.

Το παραφινόλουτρο, είναι ένα δοχείο που περιέχει ένα μείγμα παραφίνης με ορυκτέλαιο σε αναλογία 22,7 kg / 0,53et. Η θερμοκρασία του μείγματος διατηρείται στους 51,6 – 52,7°C. Το παραφινόλουτρο είναι ένας τρόπος μετάδοσης υγρής θερμότητας με τους σκοπούς και τα αποτελέσματα των προηγούμενων μέσων θερμοθεραπείας.

Το laser, που είναι η ενίσχυση φωτός μέσω εξαναγκασμένης εκπομπής ακτινοβολίας. Ο όρος αυτός αναφέρεται σε μια μοναδική μορφή τεχνητής ακτινοβολίας με συμπυκνωμένη δέσμη φωτός, που η χρήση της (με διάφορες τεχνικές της) έχει στόχο την αντιμετώπιση πολλών παθολογικών καταστάσεων. Όταν ακτινοβολείται με laser κάποια περιοχή του σώματος προκαλείται υπεραιμία, διαστολή των αιμοφόρων αγγείων και αύξηση της αιματικής ροής. Η ευρύτερη εφαρμογή των laser στηρίζεται στη βιοερεθιστική ιδιότητά τους, δηλαδή στη δυνατότητα της ακτινοβολίας των laser να

προκαλεί βιολογικές αντιδράσεις στους ιστούς που την απορροφούν. Πιο συγκεκριμένα, στην:

- i. αύξηση της φαγοκυττάρωσης των λευκοκυττάρων,
- ii. αύξηση του δείκτη μίτωσης των κυττάρων και
- iii. μείωση του χρόνου επούλωσης των πληγών
- iv. αύξηση της παραγωγής αίμης στο μυελό των οστών
- v. σύνθεση DNA – RNA στα κύτταρα Golgi
- vi. απελευθέρωση ακετυλχολίνης
- vii. αύξηση της καταλυτικής δραστηριότητας στα λεμφοκύτταρα
- viii. αύξηση της δραστηριότητας του ATP και κατά συνέπεια του μεταβολισμού λόγω ερεθισμού και ενεργοποίησης της μιτοχονδριακής λειτουργίας
- ix. αύξηση της πρωτεϊνοσύνθεσης
- x. διέγερση των ενζυματικών λειτουργιών
- xi. διαφοροποίηση του έσω – έξω κυτταρικού Ph.

Ο υπέρηχος όπου κατά την εφαρμογή των YH δεν έχουμε ηλεκτρική επίδραση στο σώμα, ο ηλεκτρισμός χρησιμοποιείται μόνο για την παραγωγή των ηχητικών ταλαντώσεων. Έτσι, η θεραπεία των YH είναι μια εξειδικευμένη μορφή μηχανοθεραπείας κατά την οποία εξ αιτίας της μεγάλης συχνότητας των ταλαντώσεων (πάνω από 800 KHz) ασκείται μια δονητική μικρομάλαξη στους ιστούς. Οι κύριες επιδράσεις των YH στους ζωντανούς ιστούς είναι (Fassina, et al. 2009) :

- Η θερμική: η θερμότητα που δημιουργείται κατά την εφαρμογή των YH είναι αποτέλεσμα απώλειας της μηχανικής ενέργειας και αναπτύσσεται περισσότερο στην περιοχή εφαρμογής και ιδιαίτερα στις διαχωριστικές επιφάνειες των διαφόρων στρωμάτων των ιστών (οστά-μύες, μύες-δέρμα)
- Η μηχανική: αποτέλεσμα των εξαναγκασμένων ταλαντώσεων των ιστών είναι η δημιουργία μιας δονητικής μάλαξης ή ‘μικρομάλαξης’, όπως χαρακτηρίζεται από πολλούς. Οι παλμικές κινήσεις που βρίσκονται στην ηχοβολιστική κεφαλή, μεταβιβάζονται μέσω του υλικού επαφής εγκάρσια μέσα στο σώμα του ασθενή και προκαλούν στους ιστούς ρυθμικά συμπτωκνώσεις και αραιώσεις.

Τα μαγνητικά πεδία, ανάλογα με την προέλευση τους χωρίζονται: στα στατικά (μαγνήτες διάρκειας) και στα μεταβαλλόμενα πεδία. Στατικό πεδίο δημιουργούν οι φυσικοί μαγνήτες ή τα πηνία, μέσα από τα οποία περνά συνεχές ρεύμα (DC) σταθερής έντασης και φοράς. Στα στατικά πεδία η σωστή πόλωση (Βορράς ή Νότος) είναι βασική προϋπόθεση της αποτελεσματικότητας τους στην θεραπεία των παθήσεων. Μεταβαλλόμενο πεδίο δημιουργείται, όταν μέσα από ένα πηνίο (ελικοειδείς περιελίξεις) περνά εναλλασσόμενο ρεύμα ή παλμικό ρεύμα και οι μεταβολές του πεδίου εξαρτώνται από τη μεταβαλλόμενη ένταση ή συχνότητα του ρεύματος, που διαπερνά το πηνίο. Οι φυσιολογικές επιδράσεις των μαγνητικών πεδίων είναι: η αναλγησία, η απορρόφηση, η ρύθμιση του μεταβολισμού, η εξισορρόπηση των ορμονικών εκκρίσεων, η αύξηση του αμυντικού συστήματος, η αύξηση του κολλαγόνου, η αύξηση της ασβεστοποίησης, η μείωση των οστεοκλαστών, η αύξηση των οστεοβλαστών και η αύξηση της αιματώσης (Fassina et al., 2009a).

Η ηλεκτρομυογραφική βιολογική επανατροφοδότηση (EMG - BFB) είναι μια επιστημονική τεχνική χρησιμοποίησης συσκευών που διαγνώσκουν και καταγράφουν φυσιολογικά γεγονότα τα οποία συμβαίνουν σε ασθενείς αλλά δεν είναι αντιληπτά απ' αυτούς. Η διάγνωση και η καταγραφή των φυσιολογικών γεγονότων γίνεται με την ηλεκτρομυογραφική διαδικασία. Η ενημέρωση των ασθενών για μη αντιληπτά φυσιολογικά γεγονότα που συμβαίνουν σ' αυτούς γίνεται με οπτικοακουστικά σήματα που εκπέμπονται από τις συσκευές. Μπορούμε να πούμε ότι οι συσκευές (EMG - BFB) καταγράφουν τα δυναμικά ενέργειας των μυών και δίνουν οπτικά και ακουστικά σήματα τέτοια που χαρακτηρίζουν με σαφήνεια την ένταση της μυϊκής δραστηριότητας τόσο κατά την ενεργητική προσπάθεια σύσπασης όσο και κατά τη χαλάρωση. Τέλος, εφαρμόζεται κυρίως για χαλάρωση σπατικών μυών ή για ενεργοποίηση ασθενικών μυών σε διάφορες παθολογικές καταστάσεις (Fassina et al., 2009a).

4.2 Πρωτόκολλο φυσιοθεραπευτικής παρέμβασης

- **Σκοπός:** Σκοπός της φυσιοθεραπευτικής παρέμβασης έχουν ως βασικό σκοπό τη διατήρηση της φυσιολογικής κίνησης και της λειτουργίας στις υγιείς περιοχές και την αποκατάσταση της φυσιολογικής κίνησης και λειτουργίας, όσο το δυνατό νωρίτερα στη περιοχή του κατάγματος του ασθενούς.

➤ **Προγραμματισμός / Σχεδιασμός:** Προγραμματίζονται οι εξετάσεις που θα πρέπει να γίνουν μεταξύ των θεραπειών. Πιο αναλυτικά θα πρέπει ο φυσιοθεραπευτής να καταγράφει οποιασδήποτε σχετική πληροφόρηση, να μελετήσει τις ακτινογραφίες και τις υπόλοιπες εξετάσεις. Θα πρέπει ακόμα να εξετάσει:

- τη μυϊκή ενέργεια
- το εύρος της κίνησης
- την αισθητικότητα
- την αναπνευστική λειτουργία
- τις λειτουργικές δραστηριότητες

Επίσης θα πρέπει να παρατηρήσει τα εξής:

- Αίτια του κατάγματος
- Άλλα τραύματα
- Επιπλοκές
- Απασχόληση
- Συνθήκες στο σπίτι
- Πόνος ασθενούς
- Δυσκαμψία
- Λειτουργικότητα
- Αλλαγή στο χρώμα
- Αλλαγές στο δέρμα
- Οίδημα
- Μυϊκή ατροφία

Ο φυσιοθεραπευτής θα πρέπει να επεξηγήσει τους σκοπούς της θεραπείας αλλά και να του διδάξει ασκήσεις που πρέπει να εφαρμόσει.

➤ **Φυσιοθεραπευτικές Παρεμβάσεις:** Ο φυσιοθεραπευτής φροντίζει για την μείωση του πόνου με κρυοθεραπεία, υπερήχους, θερμότητα και κίνηση. Στην περίοδο της ακινητοποίησης του ασθενούς θα πρέπει ο φυσιοθεραπευτής με τις ανάλογες ασκήσεις να ενθαρρύνει τον ασθενή για λειτουργικές δραστηριότητες προκειμένου να διατηρήσει την κινητικότητα όλων των αρθρώσεων, για την περίοδο της κινητοποίησης να φροντίσει για την ισχυροποίηση των μυών και την επανεκπαίδευση της κίνησης. Τεχνικές επανεκπαίδευσης της κίνησης είναι:

- Κινητοποίηση των αρθρώσεων
- Ελεύθερες ενεργητικές κινήσεις
- Υδροθεραπεία
- Νευρομυϊκές Διευκολύνσεις (P.N.F.), κράτα-χαλάρωσε, σφίξε-χαλάρωσε
- Ασκήσεις στη μονάδα αιώρησης
- Παθητική κινητοποίηση

Οίδημα

- Κρυοθεραπεία
- Ανάρροπη θέση
- Περίδεση και ανάπαυση
- Αποφυγή θερμότητας

Αναλγησία

- Υπέρηχος
- Δινόλουτρο

Ηλεκτροθεραπεία

- Laser

Ο φυσικοθεραπευτής βγάζει ειδικό ασκησιολόγιο ενδυνάμωσης ανάλογα τον τύπο του αθλήματος του ασθενή.

Για την ισχυροποίηση μυών ο φυσιοθεραπευτής θα πρέπει να ακολουθήσει τα εξής:

- P.N.F., επαναλαμβανόμενες συσπάσεις
 - Τροχαλίες και βάρη
 - Σούστες
 - Χρησιμοποίηση του βάρους του σώματος
 - Ασκήσεις υψηλής αντίστασης
- **Αξιολόγηση:** Αξιολογεί την κατάσταση του ασθενούς με βάση την κινητικότητα και την αποκατάσταση του κατάγματος.

Ένα ενδεικτικό πρόγραμμα όσον αφορά την αποκατάσταση ενός κατάγματος στην κνήμη και κατ'επέκταση την επιστροφή του αθλητή σε δρομικές δραστηριότητες, δημιουργήθηκε από τους Bolthouse et al. Αυτό το πρόγραμμα δημιουργήθηκε λόγω της έλλειψης ενός ολοκληρωμένου προγράμματος για την αντιμετώπιση ενός κατάγματος

κόπωσης. Για την δημιουργία αυτού του πρωτοκόλλου χρησιμοποιήθηκαν μεμονωμένα κομμάτια από άλλα πρωτόκολλα. Το πρόγραμμα αποτελείται από τρεις φάσεις: την φάση της ξεκούρασης, τις μεταβατικές δραστηριότητες και τις δρομικές δραστηριότητες.

Η πρώτη φάση, η φάση της ξεκούρασης, ξεκινάει όταν αναγνωριστεί ο τραυματισμός κόπωσης της κνήμης και αφού διαγνωσθεί οι αθλητές ταξινομούνται σε δυο κατηγορίες (Πίνακας 4.1)

Στο πρώτο γκρουπ συμπεριλαμβάνονται δρομείς που:

- Έχουν καλό επίπεδο φυσικής κατάστασης($VO_2 \max \geq 45 \text{ml/kg/min}$)
- Είναι νέοι (≤ 35 ετών)
- Έχουν καλό ιστορικό όσον αφορά τα κόκκαλα
- Δεν έχουν προηγούμενο ιστορικό τραυματισμού καταπόνησης
- Έχουν ελάχιστο πόνο κατά την φάση ηρεμίας ($\leq 3/10$)
- Γίνεται έγκαιρη διάγνωση του κατάγματος καταπόνησης(εντός ενός μήνα από την έναρξη του πόνου)

Στο δεύτερο γκρουπ περιλαμβάνονται δρομείς που:

- Έχουν έντονο πόνο κατά την φάση ηρεμίας ($\geq 3/10$)
- Έχουν προηγούμενο ιστορικό τραυματισμού στα κάτω άκρα σχετικό με τον τραυματισμό
- Έχουν χαμηλό προς μέτριο επίπεδο φυσικής κατάστασης
- Η διάγνωση του τραυματισμού δεν γίνεται έγκαιρα μετά την εμφάνιση του Πάνου
- Μη καλή/φτωχή οστική υγεία (απόδειξη οστεοπενίας, οστεοπόρωσης)
- Οποιοσδήποτε άλλη αιτιολογία που δεν είναι ταιριαστή με το πρώτο γκρουπ

Κατά την διάρκεια αυτής της φάσης, οι δρομείς και στα δυο γκρουπ να μην φορτίζουν το άκρο (Nonweight body/NWB) μέχρι να φύγει ο πόνος κατά την φάση ηρεμίας και να καθοριστεί το βάρος φόρτισης από τον γιατρό. Το επίκεντρο της παρέμβασης θα είναι σχετικά με την εκπαίδευση του αθλητή, την διαχείριση του πόνου, την αξιολόγηση της μυϊκής ανισορροπίας, την ενδυνάμωση και τις διατάσεις. Όταν υποχωρήσει ο πόνος κατά την ξεκούραση, οι αθλητές μπορούν να ξεκινήσουν το περπάτημα/φόρτιση του βάρους τους σαν φυσιολογική καθημερινή δραστηριότητα (ADLs). Οι αθλητές του πρώτου γκρουπ μπορεί να ολοκληρώσουν το ADLs από 3 έως 5 ημέρες εφόσον δεν υπάρχει

πόνος, ενώ οι αθλητές του δευτέρου γκρουπ πρέπει να μην πονάνε με το ADLs από 7 έως 10 ημέρες πριν πάνε στην επόμενη φάση.

Πίνακας 4.1 Φάση I του πρωτοκόλλου για την επιστροφή στις δρομικές δραστηριότητες

Φάση I: Ξεκούραση (Διάρκεια 3-10 ημέρες)
Αρχικά, τα άτομα ταξινομούνται είτε στο γκρουπ I είτε στο γκρουπ II
Κριτήρια για το γκρουπ I: <ul style="list-style-type: none">• Διάγνωση κατάγματος κόπωσης εντός ένα μήνα αφού συμβεί.• Υψηλό εκτιμώμενο επίπεδο φυσικής κατάστασης ($VO_2 \max \geq 45 \text{ml/kg/min}$).• Ηλικία ≤ 35 ετών• Καλή οστική υγεία• Ορμονικά 'φυσιολογικά'• Πόνος κατά την φάση ηρεμίας ($\leq 3/10$)
Κριτήρια για το γκρουπ II: <ul style="list-style-type: none">• Το κάταγμα κόπωσης να διαγνωσθεί μετά από 1 μήνα αφού συμβεί.• Χαμηλότερο εκτιμώμενο επίπεδο φυσικής κατάστασης ($VO_2 \max \leq 45 \text{ml/kg/min}$)• Ηλικία ≥ 35 ετών• Μη καλή οστική υγεία(για παράδειγμα οστεοπενία/οστεοπόρωση)• Προηγούμενος δρομικός τραυματισμός που σχετίζεται με τον τραυματισμό• Πόνος κατά την φάση ηρεμίας $3 \geq 10$
Βασική γραμμή: Μη φόρτιση βάρους μέχρι να μην υπάρχει πόνος κατά την φάση ηρεμίας και να καθαριστεί το βάρος φόρτισης από τον γιατρό. Στις προτεινόμενες παρεμβάσεις περιλαμβάνονται: <ul style="list-style-type: none">• Εκπαίδευση: πρωτόκολλο αποκατάστασης, αιτιολογία, υποδήματα, προπόνηση (επιφάνειες, ένταση, πρόοδος), διατροφή, παράγοντες κινδύνου, εμβιμηχανική• Αξιολόγηση μυϊκής ανισορροπίας, εμβιμηχανική λάθη (άπω και εγγύς)• Ενδυνάμωση ισχίου: ασκήσεις ανοιχτής κινητικής αλυσίδας (π.χ πλάγια απαγωγή ισχίου, τετραποδική θέση)

- Διαχείριση πόνου: κρυοθεραπεία
- Διατάσεις (π.χ γαστροκνήμιος, υποκνημιδίου, οπίσθιοι μηριαίοι)

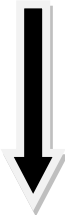
«Ανώδυνη μετάβαση»

Οι ασθενείς του γκρουπ I πρέπει να μην πονάνε με το περπάτημα για 3 έως 5 ημέρες πριν την μετάβαση στην φάση II ενώ οι ασθενείς του γκρουπ II πρέπει να περιπατάνε χωρίς πόνο από 7 έως 10 ημέρες πριν την μετάβαση στη φάση II.

Η δεύτερη φάση του πρωτοκόλλου, είναι μεταβατική και είναι η φάση της κυκλικής προπόνησης. Στόχος αυτής της φάσης είναι η πρόοδος των ασκήσεων ενδυνάμωσης και η εισαγωγή στην διασταυρούμενη προπόνηση ως ανεκτή. Σε αυτή την φάση επίσης ξεκινάει η εισαγωγή σε δραστηριότητες υψηλής έντασης σε ένα κυκλικό περιβάλλον με σκοπό να επιτραπεί η σωστή θεραπεία των οστών. Ένας πλήρης κύκλος για την θεραπεία των οστών θα πάρει από 16 έως 24 ημέρες(περίπου 3 εβδομάδες), και αυτή η επιπλέον προσοχή πρέπει να γίνεται ιδιαίτερα κατά τις 6 με 10 τελευταίες ημέρες του κύκλου για να αποφευχθεί η υπερβολική καταπόνηση στη νέα θέση. Η υπομέγιστη φόρτιση είναι σημαντική κατά την διάρκεια των δυο πρώτων εβδομάδων καθώς η κόπωση διεγείρει την δραστηριότητα των οστεοβλαστών. Ο κύκλος διαρκεί 3 εβδομάδες με την τρίτη εβδομάδα να χρησιμοποιείται για μειωμένη φόρτιση. Αν οι δρομείς πονάνε, επιστρέφουν στο επίπεδο των δραστηριοτήτων της προηγούμενης εβδομάδας. Μέχρι το τέλος της φάσης, οι δρομείς και από τα δυο γκρουπ θα ολοκληρώσουν 10 λεπτά ελαφρύ τρέξιμο χωρίς να πονάνε πριν προχωρήσουν στην τελική φάση του πρωτοκόλλου.

Πίνακας 4.2 Φάση II του πρωτοκόλλου για την επιστροφή στις δρομικές δραστηριότητες

Φάση II: Μετάβαση/ Κυκλική προπόνηση (Διάρκεια 4-7 εβδομάδες)					
<p>Βασική γραμμή: Ο ασθενής δεν πονάει σε δραστηριότητες με κανονική φόρτιση του βάρους και μπορεί να ολοκληρώσει δραστηριότητες της καθημερινότητας για 3 έως 5 ημέρες χωρίς να πονάει.</p> <p>Στις προτεινόμενες παρεμβάσεις περιλαμβάνονται:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Πρόοδος του κεντρικού τμήματος(πυρήνα)/ ενδυνάμωση ισχίου με φόρτιση βάρους σε πολύ-επίπεδες-πολύπλοκες ασκήσεις • Παρακολούθηση έντασης κατά το τρέξιμο • Χαμηλής έντασης διασταυρούμενη προπόνηση (ποδήλατο, τρέξιμο στην πισίνα, κολύμπι, εργομετρία στα άνω άκρα) <p>Κατευθυντήριες γραμμές φάσης II:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Καρδιαγγειακή προπονήσει (κυκλική προπόνηση ή τζόκινγκ) κάθε δεύτερη ημέρα με ασκήσεις ενδυνάμωσης (πλάγια απαγωγή κ.τ.λ) τις ημέρες ξεκούρασης • Ένας κύκλος αποτελείται από δυο εβδομάδες προόδου (αύξηση χρόνου του τζόκινγκ) και μια εβδομάδα χαλάρωσης (μείωση χρόνου του τζόκινγκ) • Απεριόριστη UE δραστηριότητα για την καρδιαγγειακή υγεία • Ο συνολικός καθημερινός χρόνος της καρδιαγγειακής προπόνησης (χρόνος κυκλικής προπόνησης και τζόκινγκ) θα είναι 30 λεπτά κάθε μέρα • Ο χρόνος του τζόκινγκ προτείνεται περίπου στα στο μισό χρόνο της καρδιαγγειακής εκπαίδευσης • Αν υπάρχει πόνος που είναι πρόσφατος, το πρωτόκολλο πάει πίσω μια εβδομάδα 					
Γκρουπ 1 (ένας κύκλος)			Γκρουπ 2 (Δυο κύκλοι)		
	Χρόνος διασταυρούμενης προπόνησης (min)	Χρόνος τζόκινγκ (min)		Χρόνος διασταυρούμενης προπόνησης (min)	Χρόνος τζόκινγκ (min)

1 ^η εβδομάδα	20, 25, 30	0, 0, 0	1 ^η εβδομάδα	20, 20, 25	0, 0, 0
2 ^η εβδομάδα	29, 27, 25	1, 3, 5	2 ^η εβδομάδα	25, 30, 29	0, 0, 1
3 ^η εβδομάδα (ξεκούραση)	30, 30, 28	0, 0, 2	3 ^η εβδομάδα	30, 30, 30	0, 0, 0
4 ^η εβδομάδα	25, 23, 20	5, 7, 10	4 ^η εβδομάδα	29, 27, 25	1, 3, 5
			5 ^η εβδομάδα	25, 23, 21	5, 7, 9
			6 ^η εβδομάδα	30, 28, 26	0, 2, 4
Εάν κατά την διάρκεια του 10 λεπτού τζόκινγκ δεν υπάρχει πόνος, προχώρα στην φάση III			7 ^η εβδομάδα	22, 21, 20	8, 9, 10

Η τρίτη φάση του πρωτοκόλλου αφορά την επιστροφή στις δρομικές δραστηριότητες. Σκοπός αυτής της φάσης είναι η συνεχής εκπαίδευση των δρομέων, καθώς επίσης να κάνει μικρές προσαρμογές στην ταχύτητα του τρεξίματος και στο μήκος του διασκελισμού για να μειωθεί ο κίνδυνος επανατραυματισμού. Σύμφωνα με τους Edwrds et al(2009), η μειωμένη ταχύτητα του τρεξίματος είναι μια αποτελεσματική κινηματική προσαρμογή που μπορεί να εφαρμοστεί κατά της θεραπείας στα αρχικά στάδια για να μειωθούν οι πιθανότητες για κάταγμα στην κνήμη λόγω κόπωσης. Επιπλέον, καθώς επιστρέφουν στις δρομικές δραστηριότητες οι αλλαγές στο μήκος του διασκελισμού και στην ταχύτητα του τρεξίματος είναι φυσιολογικές. Το πρώιμο τμήμα αυτής της φάσης είναι δομημένο με αυτό τον τρόπο καθώς ο δρομέας αυξάνει την ποσότητα της έντονης δραστηριότητας και εισάγει διαφορετικά δρομικά πρότυπα. Το γκρουπ I θα ολοκληρώσει ένα τουλάχιστον από δομημένα κομμάτια της κυκλικής προπόνησης και μετά θα δοθούν συμβουλές για το πώς θα βελτιώσουν το επίπεδο της προηγούμενης δραστηριότητας τους

εάν παραμένουν χωρίς πόνο. Οι συμμετέχοντες του γκρουπ II θα παραμείνουν στο πρόγραμμα για 4 κύκλους πριν ξεκινήσουν την ανεξάρτητη πρόοδο τους στο επίπεδο της προηγούμενης δραστηριότητας τους. Οι 4 κύκλοι αποτελούν επαρκή χρόνο για την πλήρη ωρίμανση του νέου οστού σε αυτό την ομάδα ατόμων που παρουσιάζουν αυξημένο κίνδυνο.

Πίνακας 4.3 Φάση III		
Φάση III: Επιστροφή στο τρέξιμο (Διάρκεια 4+ εβδομάδες)		
Βασική γραμμή: Ο ασθενής πρέπει να μην πονάει σε καθημερινές δραστηριότητες από 7 έως 10 ημέρες και να μπορεί να κάνει τζόκινγκ χωρίς πόνο για 10 λεπτά		
Οι προτεινόμενες παρεμβάσεις περιλαμβάνουν:		
<ul style="list-style-type: none"> • Εκπαίδευση: απόσβεση δραστηριοτήτων δόνησης, εμβιομηχανική, επιφάνειες προπόνησης, σταδιακή αύξηση των χιλιομέτρων που διανύει. • Εμβιομηχανικές προσαρμογές: μείωση της ταχύτητας του τρεξίματος κατά 1m/s και ελάττωση του μήκους διασκελισμού κατά 10%. • Διατήρηση της δυναμικής προπόνησης και της ελαστικότητας από προηγούμενες φάσεις. • Πρόοδος σε τρέξιμο χωρίς να πονά. • Συνέχιση του προπονητικού κύκλου των 2 εβδομάδων προόδου και 1 εβδομάδα παλινδρόμηση/χαλάρωση. • Οι μέρες προπόνησης μπορεί να προοδεύσουν από 3 σε 4 ημέρες την εβδομάδα. • Οι αλλαγές στην επιφάνεια εισάγονται την 4^η εβδομάδα εάν δεν υπάρχει πόνος. • Εάν υπάρχει πρόσφατος πόνος, το πρωτόκολλο πάει πίσω κατά μια εβδομάδα. • Το γκρουπ I και το γκρουπ II ξεκινάνε την φάση III με την ίδια θεραπεία πρωτοκόλλου και η εξέλιξη φαίνεται παρακάτω. 		
Φάση III δείγμα πρωτοκόλλου		
	Χρόνος διασταυρούμενη προπόνησης (min)	Χρόνος τζόκινγκ (min)
1 ^η εβδομάδα	15, 10, 5	15, 20, 25
2 ^η εβδομάδα		25, 30, 35

3 ^η εβδομάδα (ξεκούραση)		35, 30, 30
4 ^η εβδομάδα		35, 35, 40Α
5 ^η εβδομάδα	Αν ο ασθενής δεν πονάει και είναι εκπαιδευμένος σε σταδιακή πρόοδο των μιλίων που διανύει, ο ασθενής πιθανότατα μπορεί να εξελιχθεί ατομικά από αυτό το σημείο προς τα εμπρός.	

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα κατάγματα κόπωσης είναι μικρά σπασίματα των οστών τα οποία προκαλούνται εξαιτίας των συνεχών επαναλαμβανόμενων επιβαρύνσεων σε υπερβολικό ρυθμό όπως συμβαίνει για παράδειγμα κατά το τρέξιμο ή σε αθλήματα με συνεχόμενα άλματα. Αυτού του είδους ο τραυματισμός συχνά εμφανίζεται στα οστά που είναι επιφορτισμένα με τη στήριξη του μεγαλύτερου βάρους όπως τα πόδια και ειδικά οι πατούσες και η μέση. Ουσιαστικά αυτό το κάταγμα είναι αποτέλεσμα της ανικανότητας κάποιου οστού να αντέξει την επαναλαμβανόμενη πίεση στο πέρασμα του χρόνου.

Κάταγμα κοπώσεως μπορούν να υποστούν κυρίως οι αθλητές και μάλιστα εκείνοι που έχουν χαμηλή σχετικά οστική πυκνότητα εξαιτίας γενετικής προδιάθεσης, μεταβολισμού ή διαιτολογίου. Οι γυναίκες είναι μια ιδιαίτερα ευπαθής ομάδα εξαιτίας των ανωμαλιών στον κύκλο τους, διατροφικών διαταραχών και οστεοπόρωσης. Γενικά ο χρόνος αποκατάστασης εκτείνεται από 6 -10 εβδομάδες ανάλογα με τη σοβαρότητα του κατάγματος.

Παρόλο που τα κατάγματα κόπωσης μπορεί να εμφανιστούν σε οποιοδήποτε οστό δέχεται επαναλαμβανόμενες επιβαρύνσεις σε κάποια παρουσιάζουν ιδιαίτερη συχνότητα. Αυτά συνηθέστερα είναι τα οστά που στηρίζουν το μεγαλύτερο βάρος κι έτσι οι επιβαρύνσεις που δέχονται μέσω των κραδασμών μεγεθύνονται σημαντικά. Η κνήμη είναι το οστό που εμπλέκεται στις περισσότερες περιπτώσεις καταγμάτων κόπωσης. Ακολουθούν η περόνη, το μετατάρσιο και το μηριαίο οστό στα οποία συχνά παρουσιάζεται το φαινόμενο.

Τα κατάγματα κόπωσης προκύπτουν όπως ήδη έχει αναφερθεί όταν ένα οστό δέχεται συχνά συνεχείς επιβαρύνσεις. Αυτό πρόκειται για έναν χρόνιο τραυματισμό με την έννοια πως δεν συμβαίνει ξαφνικά αλλά με την πάροδο του χρόνου. Η χρήση ακατάλληλου εξοπλισμού, όπως φθαρμένα παπούτσια που δεν απορροφούν πλέον κραδασμούς, μυϊκές ανισορροπίες ή λάθος τεχνική κατά το τρέξιμο ή τη βάδιση μπορεί να επιφέρουν κάποιο κάταγμα κόπωσης.

Οι μύες είναι σχεδιασμένοι να λειτουργούν και σαν απορροφητήρες κραδασμών κατά τη διάρκεια των διαφόρων φυσικών δραστηριοτήτων. Αυτοί παίρνουν τις επιβαρύνσεις από το σκελετικό σύστημα και τα εσωτερικά όργανα. Όταν οι μύες κουραστούν εξαιτίας

της προπόνησης είναι επόμενο πως θα μειωθεί και η ικανότητα τους να απορροφούν κραδασμούς οι οποίοι πλέον όλο και περισσότερο θα επιβαρύνουν τα οστά. Έτσι η επιφόρτιση μεταφέρεται μέσω των οστών και εάν βρει εξασθενημένο οστό είναι πιθανό να προκαλέσει κάποιο μικρό σπάσιμο αυτό δηλαδή που με την πάροδο του χρόνου χαρακτηρίζεται ως κάταγμα κόπωσης.

Όταν το ανθρώπινο σώμα υπόκειται σε μια μικρή αύξηση της επιβάρυνσης που δέχεται τότε θα προσαρμοστεί με αποτέλεσμα να γίνει πιο δυνατό. Τα οστά, οι τένοντες και οι μύες θα αλλάξουν για να αντέξουν στο μέλλον παρόμοια επιβάρυνση. Αν όμως η αύξηση της επιβάρυνσης είναι απότομα μεγάλη το σώμα πιθανότατα να είναι ανίκανο να προσαρμοστεί με την ίδια ευκολία με αποτέλεσμα η επιβάρυνση που δεν μπορεί να αντέξει πιθανώς να οδηγήσει σε κάποιο κάταγμα κόπωσης.

Άλλες αιτίες για τα κατάγματα κοπώσεως είναι:

- η αυξημένη ηλικία,
- η αμηνόρροια στις γυναίκες
- η διατροφή
- χαμηλή οστική πυκνότητα
- χαμηλή πρόσληψη ασβεστίου
- κάπνισμα και χρήση αλκοόλ
- ρευματοειδής αρθρίτιδα και
- λήψη κορτικοστεροειδών

Τα συμπτώματα των καταγμάτων κόπωσης δεν είναι εύκολα αναγνωρίσιμα. Ο πόνος αυξάνεται με την επιβάρυνση της σωματικής δραστηριότητας ή της προπόνησης αλλά φεύγει με την ξεκούραση. Ο πόνος είναι ισχυρότερος στην αρχή της έντονης δραστηριότητας όταν το οστό είναι ακόμα κρύο ενώ στα μέσα της δραστηριότητας συνήθως μειώνεται αφού το σώμα έχει ζεσταθεί. Όμως επειδή η φλεγμονή επιβαρύνεται προς το τέλος συνήθως αυξάνεται και πάλι. Ο πόνος συνεχίζεται και μετά το τέλος της προπόνησης. Επίσης το σημείο μπορεί να πρηστεί ή να είναι ιδιαίτερα μαλακό. Αν δεν αντιμετωπιστεί με κάποιον τρόπο ο πόνος μπορεί να είναι πραγματικά έντονος.

Εξαιτίας της σχετικά μεγάλης περιόδου πλήρους επούλωσης τους (6-10 εβδομάδες), η πρόληψη των καταγμάτων κόπωσης γίνεται ακόμα πιο σημαντική.

Σχετικά με τους αθλητές, η αύξηση στον όγκο της προπόνησης θα πρέπει να γίνεται σταδιακά και να μην ξεπερνάει το 10% ανά εβδομάδα. Επίσης καλό είναι να

εφαρμόζονται και εναλλακτικοί τρόποι προπόνησης ώστε να αποφορτίζονται στα σημεία που δέχονται τις συγκεκριμένες επαναλαμβανόμενες επιβαρύνσεις που ευθύνονται για τα κατάγματα.

Η σωστή προθέρμανση παίζει ρόλο και σε αυτόν τον τομέα. Το κατάλληλο ζέσταμα θα αποτρέψει τους μύες σας να κουραστούν πολύ γρήγορα και θα τους προστατέψει από ενδεχόμενους τραυματισμούς. Έτσι θα είναι σε θέση να απορροφήσουν πολλές από τις επιβαρύνσεις οι οποίες διαφορετικά θα επιβαρύνουν τα οστά.

Είναι πολύ σημαντική επίσης η ευλυγισία. Οι ευλύγιστοι μύες είναι πολύ πιο ικανοί λόγω της μεγαλύτερης ελαστικότητας τους να απορροφήσουν περισσότερους κραδασμούς. Έτσι είναι επίσης και πιο ανθεκτικοί σε τραυματισμούς αποτρέποντας σε αντίθεση περίπτωση τυχόν ανισορροπίες που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε επιπλέον επιβαρύνσεις. Οι σφιχτοί μύες, μπορεί επίσης να οδηγήσουν σε κακή τεχνική τρεξίματος και επιπλέον επιβαρύνσεις.

Η σωστή διατροφή είναι επίσης παρά πολύ σημαντικός παράγοντας πρόληψης του φαινομένου. Φροντίστε να παίρνετε τις απαραίτητες ποσότητες ασβεστίου και βιταμίνες D ειδικά κατά τα χρόνια αποταμίευσης στα οστά ώστε να χτίσετε έναν δυνατό σκελετό και να αποτρέψετε την πιθανότητα ενός μελλοντικού κατάγματος κόπωσης.

Η ξεκούραση είναι το πρώτο βήμα της θεραπείας ενός κατάγματος κόπωσης. Η παύση της δραστηριότητας που προκάλεσε και επιβάρυνε τον τραυματισμό είναι επιβεβλημένη. Θα πρέπει όμως στο σημείο αυτό να σημειωθεί ότι η ακριβής θεραπεία εξαρτάται από την βαρύτητα και τη θέση του κατάγματος. Σε γενικές γραμμές η αποφόρτιση του οστού επιτυγχάνεται με την χρήση βακτηριών και την τοποθέτηση γύψινων ναρθήκων ή καλύτερα ειδικών υποδημάτων. Το διάστημα ακινητοποίησης κυμαίνεται από 6-12 εβδομάδες.

Σε επιλεγμένες περιπτώσεις ενδείκνυται η ενδοφλέβια έγχυση αντιοστεοκλαστικών φαρμάκων, όπως είναι η παμιδρονάτη με τα οποία αποφεύγεται η επέκταση της οστικής λύσης και επιτυγχάνεται ταχύτερη επάνοδος στην δραστηριότητας

Σημαντικό ρόλο παίζει και η φυσιοθεραπεία. Με τη φυσικοθεραπεία, ο ασθενής, υποβάλλεται σε μια σειρά ασκήσεων, που έχουν σκοπό να του διδάξουν τη σωστή θέση του σώματος, την ενδυνάμωση των κοιλιακών και παρασπονδυλικών μυών και τη διατήρηση ή βελτίωση της κινητικότητας των αρθρώσεων του. Η τοπική παγοθεραπεία και η ευόδωση της επούλωσης με ηλεκτρομαγνητικές συσκευές είναι αποτελεσματικά

μέσα. Επίσης οι υπέρηχοι και η θερμοθεραπεία βοηθούν στην ταχύτερη επούλωση του τραύματος. Γίνεται επομένως κατανοητό ότι η φυσιοθεραπευτική αποκατάσταση είναι ιδιαίτερα σημαντική για την αποκατάσταση ασθενών από τα κατάγματα κοπώσεως.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Έχοντας ολοκληρώσει την παρούσα εργασία διαπιστώνεται ότι:

- Τα κατάγματα κόπωσης είναι πολύ συχνά στον αθλητισμό - πρόκειται ουσιαστικά για σύνδρομα υπέρχρησης.
- Συμβαίνουν όταν οι μύες, λόγω αυξημένης κόπωσης, χάνουν την δυνατότητα να απορροφούν κραδασμούς.
- Ο κραδασμός μεταφέρεται πλέον στο οστό το οποίο στο τέλος ραγίζει.
- Κατάγματα κόπωσης προκαλούνται συχνά απο αλλαγές στην ένταση ή τον όγκο της προπόνησης - αλλά και αλλαγές στην σκληρότητα της επιφάνειας (χόρτο, ταρτάν, παρκέ, κ.λ.π.).
- Τα περισσότερα εμφανίζονται στα οστά των κάτω άκρων - συχνότερα στην κνήμη, την περόνη και τα μετατόρσια.
- Η θεραπεία είναι συντηρητική στα αρχικά στάδια με τροποποίηση της προπόνησης και διόρθωση οποιονδήποτε παραγόντων προδιάθεσης, π.χ. ανισοσκελία, δυσκαμψία αρθρώσεων, ακατάλληλα παπούτσια, κλπ. Σε πιο προχωρημένο στάδιο, συχνά είναι πλέον αναγκαία η χειρουργική θεραπεία.
- Η φυσιοθεραπευτική αποκατάσταση είναι ιδιαίτερα σημαντική για την αποκατάσταση ασθενών από τα κατάγματα κοπώσεως.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνόγλωσση

- Γιαννακόπουλος, Χ. (2011). Σύνδρομο καταπόνησης στα κάτω άκρα: Κατάγματα Κόπωσης και περιοστίτιδα στο <http://www.orthosurgery.gr/plirofories/athlitiatriki/2.pdf> (23/11/2015).
- Καφαντάτη, Β., Φερεντίνος, Γ., Μαυραγάνη, Θ., Αντωνιάδου, Π. & Αρσένη, Π. (2008). Επίδραση της άσκησης στην οστική μάζα και τη φυσική κατάσταση γυναικών μέσης και τρίτης ηλικίας. *Ιατρικά Χρονικά*, τόμος ΚΑ, τεύχος 12, σελ 597-602.
- Λαμπίρης, Η. Ε. (2007). *Ορθοπεδική και τραυματολογία*. Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
- Ραφαηλίδης, Ζ., Σπανός, Σ. & Κιουρτσής, Χ. Μ. (2009). Κατάγματα Κοπώσεως Κνήμης-Περώνης σε Δρομείς Μεγάλων Αποστάσεων. Αιτιολογικοί Παράγοντες. *Θέματα Φυσικοθεραπείας*, (5)8: 17-50.
- Χατζηπαπάς, Χ.Ν. (2007). *Συμβολή στη μελέτη των καταγμάτων εκ κοπώσεως των οστών των κάτω άκρων*. Διδακτορική διατριβή. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, τμήμα Ιατρικής στο <http://phdtheses.ekt.gr/eadd/handle/10442/21066> (23/11/2015).

Ξενόγλωσση

- Bass S, Pearce G, Bradney M et al. Exercise before puberty may confer residual benefits in bone density in adulthood: studies in active prepubertal and retired female gymnasts. *J Bone Miner Res* 1998; 13: 500-507.
- Bennell, K., Matheson, G., Meeuwse, W., Brunner, P. (1999). Risk Factor For Stress fractures: a review article. *Sports Medicine* 28 (2): 91-122.
- Bolthouse E., Hunt A., Mandrachi K., Monarski L., Lee K., Loundon J.K
- Craig, D.I. (2008). Medial tibial stress syndrome: evidence-based prevention. *J Athl Train*. May-Jun;43(3):316-8.
- Cowin, Sc., Moss-Salentijn, L., Moss, M.L. (1991). Candidates for the mechanosensory system in bone. *J Biomech Engineer*, 113:191-197.

- Gaeta, M., Minutoli, F., Mazziotti, S., Visalli, C., Vinci, S. (2008). Diagnostic imaging in athletes with chronic lower leg pain. *AJR Am J Roentgenol* 191: 1412-1419.
- Galbraith, R.M. & Lavallee, M.E.(2009) Medial tibial stress syndrome: conservative treatment options. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2: 127-133.
- Edwards WB, Taylor D, Rudolphi TJ, Gillette JC, Derrick TR. Effects of stride length and running mileage on a probabilistic stress fracture model. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(12):2177-2184
- Fassina, L., Saino, E., Visai, L., Cusella, M.G., De Angelis, Magenes, G., Van Vlierberghe, S., Dubruel, P. & Benazzo, F., (2009). Effects of electromagnetic and ultrasonic waves onto SAOS-2 osteoblasts grown in a gelatine based cryogel scaffold *J Orthopaed Traumatol* 10 (Suppl 1):S41–S60.
- Fassina L, Saino E, Sbarra MS, Visai L, De Angelis MG, Mazzini G, Benazzo F, Magenes G (2009a) *Ultrasonic and electromagnetic enhancement of a culture of human SAOS-2 osteoblasts seeded onto a titanium plasma-spray surface. Tissue Eng Part C Methods.* 15(2):233-42.
- Frost HM. Transient-steady state phenomena in microdamage physiology: a proposed algorithm for lamellar bone. *Calcif Tissue Int* 1989; 44: 367-381
- Hamby RC, Krishnaswamy G, Cancellare» V, Whalen K, Harvil L. Changes in bone mineral content and density after stroke. *Am J Phys Med Rehab* 1993; 72: 188-191.
- Hamill J, Bates BT, Knutzen KM, Sawhill JA. Variations in ground reaction force parameters at different running speeds. *Hum Mov Sci* 1983; 2: 47-56.
- Hayes WC. Gerhart TN. Biomechanics of bone: applications for assessment of bone strength. *Bone Min Res* 1985; 3: 259-294.
- Hubbard, T.J., Carpenter, E.M. & Cordova, M.L.(2009). Contributing factors to medial tibial stress syndrome: a prospective investigation. *Med Sci Sports Exerc.* Mar;41(3):490-6.
- Light LH, McLellan GE, Klenerman L. Skeletal transients on heel strike in normal walking with different footwear. *J Biomech* 1980; 13: 477-480.
- Melzack, R. (1983). *The McGill pain questionnaire In: Pain measurement and assessment.* Ed.Melzack. New York, Raven Press. (41–46).

- McNitt-Gray J. Kinematics and impulse characteristics of drop landings from three heights. *Int J Sports Biomech* 1991; 7: 201-223.
- Miyamoto, R.G., Dhotar, H.S., Rose, D.J. & Egol, K. (2009). Surgical treatment of refractory tibial stress fractures in elite dancers: a case series. *Am J Sports Med.* Jun;37(6):1150-4.
- Moretti, B., Notarnicola, A., Garofalo, R., Moretti, L., Patella, S., Marlinghaus, E. & Patella, V. (2009). Shock waves in the treatment of stress fractures. *Ultrasound Med Biol.* Jun;35(6):1042-9.
- Morris FL, Naughton GA, Gibbs JL, Carlson JS, Wark JD. Prospective ten- month exercise intervention in premenarcheal girls: positive effects on bone and lean mass. *J Bone Miner Res* 1997; 12: 1453-1462.
- Myburgh, K., Hutchins, J., Fataar, A., Hough, S., Noakes, T. (1990). Low Bone Density is an Etiologic Factor for Stress Fractures in Athletes. *Annals of Internal Medicine* 113 (10):754-759.
- Nigg BM, Segesser B. The Influence of playing surfaces on the load on the locomotor system and on football and tennis injuries. *Sports Medi* 1988; 5: 375- 385.
- Ohta-Fukushima, M., Mutoh, Y., Takasugi, S., Iwata, H. & Ishii, S.(2002). Characteristics of stress fractures in young athletes under 20 years. *J Sports Med Phys Fitness.* Jun;42(2):198-206.
- Ozkaya N., Nordin M. (2004). *Fundamentals of biomechanics. Equilibrium, motion and deformation.* (second edition). Springer, New York.
- Reshef N, Guelich DR (2012) Medial tibial stress syndrome. *Clin SportsMed* 31: 273-290.
- Scott SH, Winter DA, Internal forces at chronic running injury sites. *Med Sci Sports Exerc* 1990; 22: 357-369.
- Spitz, D.J. & Newberg, A.H. (2002). Imaging of stress fractures in the athlete. *Radiol Clin North Am.* Mar;40(2):313-31.
- Taylor, D. & Kuiper, J. (2001). The prediction of Stress Fractures using a 'stressed' volume concept. *Journal of Orthopaedic Research* 19 (5): 919- 926.
- Wilder, R.P. & Sethi, S. (2004). Overuse injuries: tendinopathies, stress fractures, compartment syndrome, and shin splints. *Clin Sports Med* 23: 55-8.

Wosk J, Voloshin A. Wave attenuation in skeletons of young healthy persons. *J Biomech* 1981; 14: 261-267.