



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΕΓΕΡΣΗΣ
ΣΤΗΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΘΛΗΤΙΚΩΝ
ΚΑΚΩΣΕΩΝ**

Σπουδαστής:

ΕΥΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΙΓΙΟ-2016

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η ενασχόληση με τον αθλητισμό αποτελεί δραστηριότητα ενός μεγάλου μέρους των κατοίκων της χώρας μας, ανεξαρτήτως ηλικίας, είτε στην επαγγελματική της μορφή είτε στην ερασιτεχνική της. Δυστυχώς όμως, κατά τη διάρκεια αυτής της ενασχόλησης συμβαίνουν πολλές φορές ατυχήματα που μπορεί να είναι από ελαφρά μέχρι μεγάλης βαρύτητας. Συνήθως το αθλητικό ατύχημα συμβαίνει κατά τη στιγμή που ο οργανισμός του αθλουμένου βρίσκεται στη μέγιστη απόδοση.

Θέμα της παρούσας εργασίας είναι η εφαρμογή της ηλεκτροδιέγερσης στην αποκατάσταση των αθλητικών κακώσεων. Ο ηλεκτρικός νευρομυϊκός ερεθισμός (HNME) αποτελεί ένα μη-επεμβατικό φυσικό μέσο, που χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση επώδυνων καταστάσεων κατά την κλινική άσκηση εδώ και 35 χρόνια. Στην εποχή μας, τα προγράμματα αποκατάστασης αποτελούν χρήσιμο εργαλείο των θεραπειών για την θεραπεία αθλητικών κακώσεων, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για βαριάς μορφής ασθενείς, καθώς δεν χρειάζεται να συμμετέχουν ενεργά και οι ίδιοι κατά τη διάρκεια της θεραπείας.

Στο σημείο αυτό, για την αποφυγή των διπλών τύπων (π.χ. ο αθλητής/ η αθλήτρια, ο ασθενής/ η ασθενής) που ενδεχομένως να κουράσουν τον αναγνώστη της εργασίας, επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν τα ουσιαστικά στο αρσενικό γένος και να εννοούνται και τα δύο γένη. Η πράξη αυτή, σε καμία περίπτωση δεν υποδηλώνει κοινωνική διάκριση των δύο φύλλων.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς όλους εκείνους που με βοήθησαν ή συνέβαλαν με οποιοδήποτε τρόπο στη πραγματοποίηση του παρόντος έργου. Ευχαριστώ θερμά όλους τους καθηγητές στη σχολή μου. Επίσης, οφείλω να ευχαριστήσω τον εισηγητή και καθηγητή μου, κύριο Κουτσογιάννη Κωνσταντίνο, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση του θέματος αυτού και τη βοήθεια που μου παρείχε κατά τη διάρκεια της προσπάθειάς μου αυτή.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός: Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι μια λεπτομερής βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με το θέμα του ηλεκτρικού νευρομυϊκού ερεθισμού (HNME) και την εφαρμογή του στην αποκατάσταση αθλητικών κακώσεων. Επιμέρους στόχοι είναι η αναζήτηση των πιο σύγχρονων εφαρμογών του και η περιγραφή σχετικών πρωτοκόλλων HNME.

Μεθοδολογία: Στην παρούσα μελέτη γίνεται μια εκτενής αναφορά στον ηλεκτρικό νευρομυϊκό ερεθισμό δίνοντας τον ορισμό, τις ιατρικές εφαρμογές, την κλινική του εικόνα και τις συσκευές ηλεκτροδιέγερσης. Για τη συγκέντρωση του απαραίτητου υλικού χρειάστηκε να γίνει εκτενής αναζήτηση στο διαδίκτυο και πιο συγκεκριμένα στις σελίδες της Εθνικής Βιβλιοθήκης Ελλάδος (<http://vorac.nlg.gr/>), του Google Scholar (<https://scholar.google.gr/>), του Εθνικού Αρχείου Διδακτορικών Διατριβών (<http://phdtheses.ekt.gr>) και της βάσης δεδομένων Medlin (<https://www.nlm.nih.gov/>). Υπάρχει πλούσια, κυρίως ξένη, βιβλιογραφία σχετικά με τις εφαρμογές του HNME γενικά αλλά και ειδικότερα στις αθλητικές κακώσεις. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε και σχετική βιβλιογραφία που περιλαμβάνει πανεπιστημιακά συγγράμματα και σχετικά άρθρα από τον ελληνικό και διεθνή τύπο.

Αποτελέσματα: Έγινε εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση, που περιλαμβάνει τις τελευταίες εξελίξεις σχετικά με: α) τη χρήση του HNME στον αθλητισμό, β) τη χρήση του HNME στις αθλητικές κακώσεις, γ) τις νέες τεχνολογίες που εφαρμόζονται και δ) αναφορά σε πρωτόκολλα βελτιστοποίησης του αποτελέσματος.

Συμπεράσματα: Ο HNME αποτελεί μια μέθοδο, η εφαρμογή της οποίας στις περισσότερες των περιπτώσεων αποκατάστασης αθλητικών κακώσεων έχει θετικά αποτελέσματα. Επίσης, θετικά αποτελέσματα παρουσιάζει και όταν χρησιμοποιείται για την αποθεραπεία αθλητών, μετά από έντονη άσκηση. Η τεχνολογία της συγκεκριμένης μεθόδου εξελίσσεται συνεχώς και τα συμπεράσματα των ερευνητικών μελετών βοηθούν στην κατεύθυνση αυτή. Πρέπει να σημειωθεί ότι γίνεται προσπάθεια σύνταξης πρωτοκόλλων και βελτιστοποίησης των ήδη υπαρχόντων, βάσει των αποτελεσμάτων σχετικών ερευνών.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5

Κεφάλαιο 1 – Ηλεκτρικός Νευρομυϊκός Ερεθισμός (ΗΝΜΕ)

Εισαγωγή.....	7
1.1 Τι είναι ηλεκτρικός νευρομυϊκός ερεθισμός - ΗΝΜΕ (ορισμός)	7
1.2 Φυσικές αρχές ηλεκτρικού νευρομυϊκού ερεθισμού.....	8
1.3 Ιατρικές εφαρμογές του ΗΝΜΕ.....	10
1.4 Κλινική σημασία και επιδράσεις του ΗΝΜΕ	14
1.5 Συσκευές Ηλεκτροδιέγερσης	14

Κεφάλαιο 2 – Αθλητικές κακώσεις

Εισαγωγή.....	17
2.1 Ορισμός Αθλητικών κακώσεων	17
2.2 Πιθανά αίτια και ταξινόμηση	18
2.3 Κλινική εικόνα	21
2.4 Συνήθεις αθλητικές κακώσεις	22
2.5 Θεραπεία	33

Κεφάλαιο 3 – Σύγχρονες τεχνολογίες στην ηλεκτροδιέγερση

Εισαγωγή.....	36
3.1 Η ανάγκη για εξέλιξη του ΗΝΜΕ.....	36
3.2 Υφιστάμενη γνώση των τεχνολογιών ΗΝΜΕ.....	37

Κεφάλαιο 4 – Εφαρμογές του ΗΝΜΕ στον αθλητισμό

Εισαγωγή.....	39
4.1 Πρακτική εφαρμογή του ΗΝΜΕ.....	40
4.2 Υφιστάμενη γνώση των εφαρμογών του ΗΝΜΕ στον αθλητισμό	41

Κεφάλαιο 5 – Πρωτόκολλα

Εισαγωγή.....	43
5.1 Πρωτόκολλα εφαρμογής ΗΝΜΕ στις αθλητικές κακώσεις.....	43
5.2 Πρωτόκολλα εφαρμογής ΗΝΜΕ	45

Κεφάλαιο 6 – Συζήτηση - Συμπεράσματα

Συζήτηση - Συμπεράσματα	48
-------------------------------	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	50
--------------------------	-----------

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το φαινόμενο αθλητικών κακώσεων κατά τη διάρκεια αθλητικών δραστηριοτήτων είναι σύνηθες. Ως μέσο αποκατάστασης τους όλο και πιο συχνά χρησιμοποιείται ο ηλεκτρικός νευρομυϊκός ερεθισμός (HNME) από τους θεράποντες ιατρούς. Ο HNME αποτελεί μία σύγχρονη μέθοδο αποκατάστασης και αποθεραπείας, στην οποία συνίσταται η εφαρμογή ηλεκτρικού ρεύματος στην πάσχουσα περιοχή, με σκοπό την πρόκληση μυϊκής σύσπασης και την ενεργοποίηση του σκελετικού μυός. Η μέθοδος αυτή επιτυγχάνει την άσκηση των μυών, χωρίς να είναι απαραίτητη η εκούσια κίνηση των υπολοίπων μελών του σώματος και η ενεργή συμμετοχή του ασθενούς.

Ο HNME έχει πάρα πολλές εφαρμογές στην ιατρική. Πιο συγκεκριμένα, έχει δώσει θετικά αποτελέσματα εφαρμοζόμενος σε ασθενείς με χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια (Chronic Heart Failure - CHF) και χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (Chronic Obstructive Pulmonary Disease – COPD). Επίσης, σε ασθενείς που νοσηλεύονται στη μονάδα εντατικής θεραπείας (ΜΕΘ) και που αντιμετωπίζουν προβλήματα πολυνευρομυοπάθειας (Critical Illness Polyneuromyopathy – CIPMN) (Μπούχλα και συν., 2009).

Επιπλέον, ο HNME έχει πάρα πολλές εφαρμογές και στον αθλητισμό. Αρχικά, οι Currier and Mann το 1983 και πολύ αργότερα οι Iwasaki, et al. το 2006 ερεύνησαν την εφαρμογή του HNME στη βελτίωση της φυσικής κατάστασης και της επίδοσης των αθλητών. Ακόμη, σημαντική ερευνητική δουλειά έχει γίνει στις εφαρμογές του HNME για την αποκατάσταση των αθλητικών κακώσεων (Boisgontier et al., 2009; Carty et al., 2012; Lepley et al., 2015). Τέλος, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εφαρμογή του HNME για την ανάρρωση και την αποθεραπεία επαγγελματιών αθλητών μετά από έντονη αθλητική δραστηριότητα (Taylor, et al., 2015).

Η έρευνα έδειξε ότι τα ευεργετικά αποτελέσματα της εφαρμογής του HNME οφείλονται στην ενεργοποίηση της μυϊκής αντλίας που έχει αποδειχθεί ότι αυξάνει τη φλεβική επιστροφή του μέλους (Faghri, et al., 1998). Επίσης, η ροή του αίματος φαίνεται να αυξάνεται στα μέλη τα οποία ασκούνται (Janssen and Hopman, 2003) λόγω αύξησης του μεταβολισμού (Vanderthommen, et al., 2003) και της ιστικής οξυγόνωσης (McNeil, et al., 2006) τοπικά στο μυ. Επιπροσθέτως, έχει παρατηρηθεί αύξηση της κατανάλωσης οξυγόνου ανά λεπτό (Banerjee, et al., 2005) και της κατανάλωσης από τον οργανισμό γλυκόζης (Hamada, et al., 2004).

Η **μεθοδολογία** που εφαρμόστηκε στην εργασία βασίστηκε στην αναζήτηση και ανεύρεση περιοδικών, βιβλίων, διαδικτυακών πηγών και δημοσιεύσεων, για θέματα εφαρμογών του ΗΝΜΕ και κυρίως της εφαρμογής του στον αθλητισμό. Η αναζήτηση, επίσης, επικεντρώθηκε στην εύρεση πληροφοριών σχετικών με τις αθλητικές κακώσεις, την κλινική τους εικόνα, την θεραπεία τους και πιο συγκεκριμένα την αποκατάστασή τους με τη βοήθεια του ΗΝΜΕ. Τέλος, αναζητήθηκαν πρωτόκολλα σχετικά με την εφαρμογή του ΗΝΜΕ γενικά αλλά και ειδικότερα στον αθλητισμό. Για την αναζήτηση των παραπάνω, οι λέξεις «κλειδιά» που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: ηλεκτρικός νευρομυϊκός ερεθισμός, αθλητικές κακώσεις, πρωτόκολλα αποκατάστασης κ.ά.

Στόχος της παρούσης εργασίας, είναι η πλήρης παρουσίαση και ανασκόπηση των εφαρμογών του ΗΝΜΕ στην αποκατάσταση των αθλητικών κακώσεων, με επιμέρους στόχους την εμπειριστατωμένη και τεκμηριωμένη παρουσίαση των εφαρμογών του ΗΝΜΕ γενικά στην ιατρική, τις νεότερες τεχνολογίες και τη παρουσίαση σχετικών πρωτοκόλλων.

Η εργασία αποτελείται από τις ακόλουθες επιμέρους ενότητες:

- α) Το πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται στον ορισμό του ηλεκτρικού νευρομυϊκού ερεθισμού, καθώς και στις φυσικές αρχές που τον διέπουν, στις εφαρμογές του στην ιατρική, στην κλινική σημασία και στις επιδράσεις του. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την περιγραφή συσκευών ΗΝΜΕ.
- β) Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στις αθλητικές κακώσεις, δίνοντας καταρχήν τον ορισμό τους, τα πιθανά αίτια και την ταξινόμηση τους, την κλινική τους εικόνα, τις συνήθεις αθλητικές κακώσεις και τέλος τους τρόπους θεραπείας.
- γ) Στο τρίτο κεφάλαιο, ξεκινώντας από μια σύντομη εισαγωγή, καταγράφεται η ανάγκη εξέλιξης της μεθόδου του ΗΝΜΕ και περιγράφονται οι νέες τεχνολογίες του.
- δ) Στο τέταρτο κεφάλαιο δίνεται η πρακτική εφαρμογή του ΗΝΜΕ και περιγράφονται παραδείγματα εφαρμογής του ΗΝΜΕ στον αθλητισμό.
- ε) Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα υπάρχοντα πρωτόκολλα, τα σχετικά με την χρήση του ΗΝΜΕ για την αποκατάσταση των αθλητικών κακώσεων.

Η παρούσα μελέτη ολοκληρώνεται με την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων.

Κεφάλαιο 1 – Ηλεκτρικός Νευρομυϊκός Ερεθισμός (HNME)

Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο προσεγγίζεται γενικά το θέμα του ηλεκτρικού νευρομυϊκού ερεθισμού. Ξεκινώντας, παρατίθεται εκτενές ο ορισμός του HNME, οι περιπτώσεις στις οποίες μπορεί να εφαρμοστεί και τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Συνεχίζοντας, παρουσιάζονται οι φυσικές αρχές του HNME στον τρόπο εφαρμογής και στις φυσιολογικές επιδράσεις του. Αναφέρονται όλες οι ιατρικές εφαρμογές του στον αθλητισμό, στη θεραπεία παθήσεων του νευρικού συστήματος, στην καρδιακή ανεπάρκεια, στους ασθενείς με χρόνια αναπνευστική ανεπάρκεια, στους ασθενείς με μηχανική υποστήριξη της αναπνοής και στους βαρέως πάσχοντες εντός ΜΕΘ. Επίσης, αναλύεται η κλινική σημασία και οι επιδράσεις του HNME στους ασθενείς και τέλος γίνεται αναφορά στις συσκευές HNME που κυκλοφορούν στο εμπόριο.

1.1 Τι είναι ο ηλεκτρικός νευρομυϊκός ερεθισμός (HNME) - Ορισμός

Ως **Ηλεκτρικός Νευρομυϊκός Ερεθισμός (HNME)** ορίζεται η εφαρμογή ηλεκτρικού ρεύματος με σκοπό την πρόκληση μυϊκής σύσπασης και την ενεργοποίηση του σκελετικού μυός. Η μέθοδος επιτυγχάνει την άσκηση των μυών, χωρίς να είναι απαραίτητη η εκούσια κίνηση των υπολοίπων μελών του σώματος. Εφαρμόζεται ύστερα από τραυματισμούς που συμβαίνουν κατά την άθληση για την αποκατάσταση των μυών, αλλά εφαρμόζεται και για τη βελτίωση των επιδόσεων. Ακόμη, βοηθά στην ενεργοποίηση παράλυτων μυϊκών συνόλων σε ασθένειες του νευρικού συστήματος, ώστε να καθίστανται πιο λειτουργικά (**Functional Electrical Stimulation - FES**). Διερευνώνται οι συνέπειες της εφαρμογής του HNME στη φλεβική θρόμβωση και στη φλεβική ανεπάρκεια, ενώ επειδή ενδεχομένως αυξάνει τον μεταβολισμό, διερευνάται η μελλοντική χρήση του για θεραπεία της νοσογόνου παχυσαρκίας και του ζαχαρώδους διαβήτη. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η χρήση του στην αντιμετώπιση της χρόνιας αποφρακτικής πνευμονοπάθειας και της χρόνιας καρδιακής ανεπάρκειας.

Η εκούσια άσκηση έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει τις βλάβες των σκελετικών μυών. Όταν όμως, οι βλάβες συνοδεύονται με σημαντική μείωση της ικανότητας για άσκηση, προγράμματα αποκατάστασης με εκούσια άσκηση, είναι δύσκολο να εφαρμοστούν. Ο HNME

έχει την ικανότητα να αυξάνει τη μυϊκή δύναμη χωρίς το άτομο να καταβάλει ιδιαίτερη προσπάθεια και χωρίς να επιβαρύνεται το καρδιοαναπνευστικό του σύστημα. Οπότε ειδικά για αυτές τις περιπτώσεις ενδείκνυται σαν εναλλακτική μορφή άσκησης. Σε ασθενείς με χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια (Chronic Heart Failure - CHF) και χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (Chronic Obstructive Pulmonary Disease – COPD), η εφαρμογή του HNME έδωσε θετικά αποτελέσματα. Υπό έρευνα όμως ακόμη βρίσκονται η ασφάλεια του HNME, οι βέλτιστες παράμετροι ερεθισμού που πρέπει να χρησιμοποιηθούν και η συμμόρφωση των ασθενών, για τα οποία πρέπει να πραγματοποιηθούν περισσότερες σχετικές μελέτες. Ένα πρόβλημα που συχνά αντιμετωπίζουν οι ασθενείς που νοσηλεύονται στη μονάδα εντατικής θεραπείας (ΜΕΘ) είναι η πολυνευρομυοπάθεια (Critical Illness Polyneuromyopathy – CIPMN), η οποία δυσκολεύει την απομάκρυνση του ασθενούς από τον αναπνευστήρα, παρατείνοντας τη διάρκεια νοσηλείας και αυξάνοντας τη θνητότητα. Η χρήση του HNME στην πρόληψη του CIPMN έδωσε θετικά αποτελέσματα, αν και η σχετική έρευνα συνεχίζεται (Μπούχλα και συν., 2009).

1.2 Φυσικές αρχές του ηλεκτρικού νευρομυϊκού ερεθισμού

Η διέγερση του μυός με τεχνητά μέσα, όπως με τον HNME, ενεργοποιεί τους μυς με διαφορετικό τρόπο από ότι όταν η ενεργοποίηση είναι εκούσια και φυσιολογική. Κατά την εφαρμογή του HNME τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται διαδερμικά πάνω από την επιφάνεια του μυός. Όμως η ενεργοποίηση του μυός προκαλείται από την διέγερση των ενδομυϊκών κλάδων του νεύρου και όχι απευθείας από τη διέγερση των μυϊκών ινών, όταν βέβαια η νευρική οδός είναι ανέπαφη.

Δύο είναι οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν τη δύναμη της μυϊκής συστολής: α) ο αριθμός των μυϊκών ινών που συμμετέχουν, ο οποίος εξαρτάται από τη διάρκεια και την ένταση του ερεθίσματος και β) η συχνότητα διέγερσης του περιφερικού νεύρου (Robinson, 2008). Εκείνο που ισχύει για τη μυϊκή ίνα είναι ο νόμος "του όλου ή τίποτα". **Ρεόβαση** ονομάζεται η μικρότερη ένταση ηλεκτρικού ρεύματος που μπορεί να προκαλέσει μυϊκή συστολή. Ρεύματα πιο μικρής έντασης δεν μπορούν να προκαλέσουν μυϊκή συστολή. **Χροναξία** είναι ο χρόνος της ηλεκτρικής ώσης που είναι απαραίτητος για τον ερεθισμό του μυός και πρέπει να έχει ένταση διπλάσια από αυτή της ρεόβασης.

Ο Henneman διατύπωσε μία αρχή η οποία σχετίζεται με την ενεργοποίηση των μυϊκών ινών ανάλογα με το μέγεθος τους, κατά την εκτέλεση μιας εκούσιας άσκησης. Σύμφωνα με την αρχή αυτή η επιστράτευση των κινητικών μονάδων γίνεται διαδοχικά βάσει μιας σειράς,

ξεκινώντας από τις μικρότερες (αργές κινητικές μονάδες) και προχωρώντας προς τις μεγαλύτερες (γρήγορες κινητικές μονάδες) (Henneman et al., 1965). Για την αναστροφή της παραπάνω αρχής, δηλαδή της κατά μέγεθος επιστράτευσης κινητικών μονάδων, έτσι ώστε πρώτα να επιστρατεύονται οι μεγαλύτερες, άρα και ταχύτερες μυϊκές ίνες και ύστερα οι αργές, προτείνεται η εφαρμογή του HNME, η οποία στηρίζεται σε δύο παρατηρήσεις: α) μικρότερη αντίσταση στο ηλεκτρικό ρεύμα παρουσιάζουν οι άξονες αντίστασης των μεγάλων κινητικών νευρώνων και συνεπώς οδηγούν τα δυναμικά ενέργειας με γρηγορότερους ρυθμούς από ότι οι άξονες των μικρότερων κινητικών νευρώνων (Clamann et al., 1974) και β) η μυϊκή κούραση παρουσιάζεται γρηγορότερα κατά τη χρήση του HNME σε σχέση με την εκούσια μυϊκή συστολή ύστερα από εφαρμογή της ίδιας δύναμης (Jones et al., 1979). Συνεπώς ο HNME είναι πιθανόν να μπορεί να ενεργοποιήσει τις μεγάλες κινητικές μονάδες, τις οποίες η εκούσια σύσπαση είναι δύσκολο να ενεργοποιήσει.

Ο ανθρώπινος σκελετικός μυς παρουσιάζει ένα κοινό ανατομικό χαρακτηριστικό, σύμφωνα με το οποίο οι μεγαλύτεροι άξονες συχνά βρίσκονται στο μυ επιφανειακά και συνεπώς κοντύτερα στην πηγή του ηλεκτρικού ερεθισμού. Το γεγονός αυτό, συνδυαζόμενο με την αναστροφή της επιστράτευσης των μυϊκών ινών έχει καλύτερα αποτελέσματα (Lexell et al., 1983). Κατά την εφαρμογή του HNME σε ζωντανούς οργανισμούς, η επιστράτευση των μυϊκών ινών γίνεται κατά τρόπο μη εκλεκτικό, δηλαδή συγχρόνως ενεργοποιούνται και οι ταχείες και οι βραδείες μυϊκές ίνες ανάλογα με το πλήθος τους στο σημείο του ερεθισμού.

Σύμφωνα με τη φυσιολογία κάθε κινητική νευρική ίνα των προσθίων κεράτων του νωτιαίου μυελού διακλαδίζεται επανειλημμένα και διεγείρει ένα σύνολο μυϊκών ινών, δημιουργώντας νευρομυϊκές συνάψεις. Σε κάθε μυϊκή ίνα αντιστοιχεί αυστηρά μία μοναδική νευρομυϊκή σύναψη. Κάθε κινητική μονάδα αποτελείται από όλες τις μυϊκές ίνες που νευρώνονται από μία κινητική νευρική ίνα. Υπάρχουν δύο ειδών μυϊκές ίνες, οι ταχείας και βραδείας συστολής (Guiton and Hall, 1998). Η τετανική σύσπαση η οποία ανήκει στις μυϊκές ίνες ταχείας συστολής, επιτυγχάνεται σε πιο μεγάλες συχνότητες απ' ότι στις μυϊκές ίνες βραδείας συστολής. Οι μέσες τιμές πυροδότησης των ταχέων και αργών σκελετικών μυών που παράγουν την μέγιστη δύναμη, όσο διαρκεί η μέση εκούσια σύσπαση, είναι περίπου 10 έως 30 Hz αντίστοιχα. Η διέγερση των μυών σε αυτές τις συχνότητες κατά τη διάρκεια του HNME θα μπορούσε να παράγει μόνο το 85% έως 90% της εκούσιας δύναμης του μυός. Για να παραχθεί η μέγιστη μυϊκή συστολή, κατά τη διάρκεια του HNME, θα πρέπει να εφαρμόζονται συχνότητες του ηλεκτρικού ρεύματος αρκετά υψηλότερες. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι, κατά την εκτέλεση της εκούσιας μυϊκής συστολής, οι συχνότητες πυροδότησης

για όλες τις κινητικές μονάδες περιορίζονται σε εκείνες που αρκούν για την παραγωγή μέγιστης δύναμης σε κάθε μία κινητική μονάδα ξεχωριστά (Bellemare et al., 1983).

Κατά την εφαρμογή του HNME ο μυϊκός μεταβολισμός, όπως προαναφέρθηκε, είναι πιο έντονος απ' ότι στην ίδιας δύναμης εκούσια μυϊκή σύσπαση. Αυτό δείχνει να οφείλεται στο γεγονός ότι χρησιμοποιείται μεγαλύτερος αριθμός αναερόβιων μυϊκών ινών τύπου 2, απ' ότι στην εκούσια μυϊκή σύσπαση και στο ότι ο μυϊκός κάματος παρουσιάζεται πιο γρήγορα στον HNME απ' ότι στην εκούσια μυϊκή σύσπαση ίδιας δύναμης (Bigland-Ritchie et al., 1979). Ο αυξημένος μυϊκός κάματος, που προκαλείται από την εφαρμογή υψηλών συχνοτήτων ρεύματος, φαίνεται να οφείλεται στην δυσκολία μετάδοσης του δυναμικού ενέργειας σε όλο το μήκος της μυϊκής ίνας, σύμφωνα με μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί (Sacco et al., 1994).

1.3 Ιατρικές εφαρμογές του HNME

Χρήση του HNME στον αθλητισμό

Οι κυριότεροι λόγοι εφαρμογής του HNME στον αθλητισμό είναι η βελτίωση της φυσικής κατάστασης και των επιδόσεων των αθλητών. Ενδεικτικά επισημαίνεται η θετική επίδραση του HNME στην αύξηση της δύναμης των τετρακέφαλων, η οποία αυξάνεται ακόμα περισσότερο σε συνδυασμό με ασκήσεις δύναμης. Ειδικά στους αθλητές, η εφαρμογή του HNME είναι προτιμότερη από την έλλειψη άσκησης, όμως η εκούσια άσκηση είναι προτιμότερη από τον HNME (Currrier and Mann, 1983; Iwasaki, et al., 2006).

Ο HNME χρησιμοποιείται στον πρωταθλητισμό για τη βελτίωση των επιδόσεων, αλλά πάντα σε συνεργασία με τη συμβατική προπόνηση. Ακόμη, επειδή έχει την ικανότητα να προκαλεί έντονη μυϊκή σύσπαση, χρησιμοποιείται για την αποκατάσταση ύστερα από τραυματισμούς, π.χ. ύστερα από ρήξη χιαστών (Snyder-Mackler, et al., 1994).

Χρήση του HNME για θεραπεία παθήσεων του νευρικού συστήματος

Στην κλινική πρακτική ο HNME χρησιμοποιείται για την ενεργοποίηση σημαντικών μυϊκών ομάδων ώστε να καταστούν ικανές για εκτέλεση λειτουργιών. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος, έχει επικρατήσει ο όρος λειτουργικός ηλεκτρικός ερεθισμός (FES). Ο ηλεκτρικός αυτός ερεθισμός στερείται νευρικού ελέγχου και εφαρμοζόμενος σε ένα μυ δημιουργεί μυϊκή σύσπαση και συνεπώς λειτουργική κίνηση. Η χρήση συσκευών που ονομάζονται νευροπροθέσεις, τοποθετούνται επιφανειακά ή εμφυτεύονται στο μέλος που έχει πρόβλημα,

έχει ως αποτέλεσμα την κινητοποίηση του μέλους σε ικανοποιητικό βαθμό. Σχετικά παραδείγματα αναφέρονται σε εργασίες των Yukihiro (Yukihiro, 2008).

Ο HNME με κατάλληλη προσαρμογή των παραμέτρων του ρεύματος (μεγαλύτερη διάρκεια αυξημένη ένταση), έχει χρησιμοποιηθεί και για την ενδυνάμωση των κάτω άκρων σε πάσχοντες με χαλαρή παράλυση (Mayr, et al., 1999). Η μέθοδος εφαρμόστηκε επίσης σε περιπτώσεις κάκωσης της σπονδυλικής στήλης, υψηλότερα του επιπέδου της ιεράς μοίρας, με αποτέλεσμα τη διατήρηση της λειτουργίας της κύστης σε ικανοποιητικό βαθμό (McClurg, et al., 2008). Ακόμη, έχει εφαρμοστεί για την σηματοδότηση του διαφράγματος κατόπιν βλάβης της σπονδυλικής στήλης στην αυχενική μοίρα (Onders, et al., 2007). Τέλος, η εφαρμογή σε νευρολογικές παθήσεις, όπως η νόσος Parkinson, είχε ενθαρρυντικά αποτελέσματα (Cilia, et al., 2007).

Χρήση του HNME στην καρδιακή ανεπάρκεια

Η χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια (CHF) αποτελεί μια παθολογική κατάσταση, σύμφωνα με την οποία η καρδιά δεν μπορεί να αντλήσει αίμα ανάλογα με τις μεταβολικές απαιτήσεις των ιστών. Τοπικοί και συστηματικοί παράγοντες όπως η δυσλειτουργία του ενδοθηλίου, η ορμονική δυσλειτουργία, καθώς και η αύξηση των φλεγμονωδών κυτταροκινών, συμβάλλουν στη μυϊκή ατροφία που συνοδεύει το πρόβλημα της χρόνιας καρδιακής ανεπάρκειας (Mancini, et al., 1992). Η άσκηση είναι λιγότερο αποτελεσματική ως προς την βελτίωση της λειτουργικής ικανότητας ασθενών, στους οποίους η λειτουργική ικανότητα ήταν από την αρχή μειωμένη και μάλιστα η μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου ήταν μικρότερη $VO_{2p} < 11,3 \text{ml/Kg/min}$ (Drexler, et al., 1992). Ασθενείς που πάσχουν από αρρυθμία, ισχαιμία του μυοκαρδίου και καρδιακή ανεπάρκεια, όταν ενταχθούν σε ένα πρόγραμμα αποκατάστασης υφίστανται τον κίνδυνο συμβάντων. Σε αυτούς τους ασθενείς η εφαρμογή HNME θα ήταν μια ασφαλής εναλλακτική επιλογή.

Σε μία μελέτη των Vaquero et al. αναφέρεται ότι η άσκηση με HNME, καθώς επιστρατεύει περισσότερες μυϊκές ίνες τύπου II και επηρεάζει τη νευρική συνιστώσα του υποαερισμού, έχει σαν αποτέλεσμα, στο μέγιστο της άσκησης, τη σημαντική μείωση του αισθήματος της δύσπνοιας του ασθενούς. Ακόμη, στην εργασία των Maillefert et al., ασθενείς οι οποίοι συμμετείχαν σε πρόγραμμα HNME με ρεύμα 10Hz (χαμηλής συχνότητας) παρουσίασαν αύξηση στην κατά λεπτό κατανάλωση οξυγόνου (VO_{2at}) και στη μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου, όπως επίσης και στην απόσταση που διήνυσαν κατά την εξάλεπτη διαδικασία βάρδισης. Οι Quittan et al. διερεύνησαν τα αποτελέσματα του HNME στη μυϊκή ισχύ των ασθενών με χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια. Η εφαρμογή του πρωτοκόλλου

περιελάμβανε ρεύματα συχνότητας 50Hz, μικρή διάρκεια συνεδριών και διάρκεια παλμού 700μsec. Το συμπέρασμα το οποίο εξήχθη ήταν ότι αυξήθηκε η δύναμη των τετρακεφάλων και της εγκάρσιας διαμέτρου του μηρού των ασθενών, ενώ δεν παρουσίασε μεταβολές το ποσοστό μείωσης της δύναμης.

Για την σύγκριση προγραμμάτων HNME με συμβατικά προγράμματα αποκατάστασης ασθενών με CHF, τέσσερις μελέτες ξεχωρίζουν. Το πρωτόκολλο που ακολουθήθηκε χρησιμοποιούσε ρεύμα συχνότητας 10Hz στις δύο πρώτες και 25Hz στις άλλες δύο. Καταρχήν, οι Dobsac et al. κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η αποκατάσταση με αερόβια άσκηση υπερτερεί του HNME. Οι Delley et al. κατέγραψαν αύξηση της αερόβιας ικανότητας ως προς τη μυϊκή δύναμη και την αντοχή των δύο ομάδων ασθενών, θεωρώντας τα αποτελέσματα εξίσου ικανοποιητικά. Η μελέτη των Harris et al. καταγράφει βελτίωση και στις δύο ομάδες των ασθενών. Η βελτίωση αυτή αφορούσε την μυϊκή ισχύ και την αντοχή στην κούραση. Τέλος, οι Le Maitre et al., εφαρμόζοντας το ίδιο πρωτόκολλο, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το πρόγραμμα αποκατάστασης με HNME σε σχέση με τη συμβατική άσκηση ίσως υστερεί ως προς τη βελτίωση της φλεγμονώδους κατάστασης.

Χρήση του HNME σε ασθενείς με χρόνια αναπνευστική ανεπάρκεια

Αν και η παθογένεια της χρόνιας αναπνευστικής ανεπάρκειας (Chronic Obstructive Pulmonary Deficiency – COPD) διαφέρει από αυτήν της χρόνιας καρδιακής ανεπάρκειας (CHF) και οι δύο παρουσιάζουν κάτι κοινό. Και στις δύο περιπτώσεις η δύσπνοια και η μυϊκή κόπωση περιορίζουν την ικανότητα άσκησης των ασθενών. Η δυσλειτουργία των σκελετικών μυών και η μείωση της αντοχής του μυϊκού συστήματος στην κούραση, συντελούν στην ελάττωση της ικανότητας του ασθενή να ασκηθεί (American Thoracic Society, 1999). Στην περίπτωση ασθενών με βαριά χρόνια αναπνευστική ανεπάρκεια, που αντιστοιχεί στην κλίμακα δύσπνοιας σε βαθμό V, η αποκατάσταση με HNME είναι η πλέον ενδεδειγμένη, καθώς οι ασθενείς αυτοί συνήθως είναι καθηλωμένοι στο σπίτι και η βελτίωση της λειτουργικότητας τους με την εφαρμογή συμβατικών προγραμμάτων αποκατάστασης έδωσε μειωμένα αποτελέσματα (Wedzicha, et al., 1998).

Οι Neder et al. συνέκριναν δύο ομάδες ασθενών. Η μία υποβλήθηκε σε πρωτόκολλο HNME, ενώ η άλλη αποτελούσε την ομάδα ελέγχου. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή του HNME μπορεί να συνεχιστεί και κατά τη διάρκεια έξαρσης της νόσου, κατά την οποία παρατηρείται απώλεια μυϊκής μάζας. Στην εργασία των Bourjeily-Habr et al. καταγράφεται βελτίωση της σχέσης αερισμού και αιμάτωσης όπως και της δύσπνοιας, κατά την εφαρμογή προγράμματος HNME χαμηλής διάρκειας. Οι Vivodtzev et al.

χώρισαν τυχαία σε δύο ομάδες ένα σύνολο υποσιτισμένων και καταβεβλημένων ασθενών με COPD. Στη μία ομάδα εφαρμόσαν συμβατική αποκατάσταση, ενώ στην άλλη αποκατάσταση με HNME. Τα αποτελέσματα στα οποία κατέληξαν ήταν ότι η χρήση του HNME αύξησε σημαντικά τη μυϊκή δύναμη και ενδείκνυται ως συμπληρωματική αγωγή στη συμβατική αποκατάσταση.

Χρήση του HNME σε ασθενείς με μηχανική υποστήριξη της αναπνοής

Στην εργασία των Zanotti et al., κατά το πρωτόκολλο που εφαρμόστηκε, 24 ασθενείς με μηχανική υποστήριξη της αναπνοής στη μονάδα εντατικής θεραπείας (ΜΕΘ) χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες. Οι ασθενείς υποβλήθηκαν σε κινητοποίηση των άνω και κάτω άκρων, ενώ στους ασθενείς της μίας ομάδος εφαρμόστηκε συγχρόνως και HNME στα κάτω άκρα. Στο τέλος διαπιστώθηκε μεγαλύτερη βελτίωση της μυϊκής ισχύος στους ασθενείς που εφαρμόστηκε συνδυασμός των δύο μεθόδων, ενώ στους ίδιους ασθενείς παρατηρήθηκε μείωση των ημερών που χρειάστηκαν για να μετακινηθούν από το κρεβάτι στην καρέκλα και αύξηση του κορεσμού οξυγόνου στο τριχοειδικό αίμα.

Συμπερασματικά, η εφαρμογή HNME σε ασθενής με μηχανική υποστήριξη της αναπνοής μπορεί να επιφέρει μείωση επιπλοκών, αποφυγή από έλκη κατακλίσεων, πνευμονία και πνευμονική εμβολή.

Χρήση του HNME σε βαρέως πάσχοντες εντός ΜΕΘ

Σε ασθενείς που νοσηλεύονται στη Μονάδα Εντατικής Θεραπείας (ΜΕΘ), η πολυνευρομυοπάθεια (Critical Illness Polyneuromyopathy – CIPMN) αποτελεί το πιο συχνά εμφανιζόμενο πρόβλημα. Η γενικευμένη μυϊκή αδυναμία που μπορεί να έχει ως τελικό στάδιο την τετραπληγία, η κατάργηση των τενόντιων αντανακλαστικών, καθώς και η δυσκολία στην απομάκρυνση του αναπνευστήρα, είναι τα κλινικά γνωρίσματα της CIPMN (De Jonghe., 2002). Συνέπεια των παραπάνω, είναι η παράταση παραμονής νοσηλείας στη ΜΕΘ και γενικά στο νοσοκομείο και η αύξηση της θνησιμότητας. Οι ασθενείς που νοσηλεύονται στη ΜΕΘ είναι για μακρό χρονικό διάστημα σε ακινητοποίηση, η οποία επιδρά βλαπτικά στο σκελετικό μυ, προκαλώντας μυϊκή αδυναμία του πάσχοντος.

Μελέτες σχετικά με το ρόλο του HNME στην πρόληψη και τη θεραπεία της CIPMN έδειξαν ότι βοηθά στην αύξηση του ρυθμού κατανάλωσης οξυγόνου και επαναιμάτωσης, αυξάνει την αρτηριακή πίεση, βοηθά στην ελάττωση της μείωσης της μυϊκής μάζας του ορθού μηριαίου και του μέσου πλατέος μυός, ενώ περιορίζει την απώλεια της μυϊκής μάζας

ασθενών στη ΜΕΘ (Stefanadis, et al., 2008). Ακόμη, περαιτέρω έρευνες έδειξαν ότι μειώνει το ποσοστό ανάπτυξης CIPMN ασθενών που νοσηλεύονται στη ΜΕΘ.

1.4 Κλινική σημασία και επιδράσεις του ΗΝΜΕ

Έχει αποδειχθεί ότι κατά την εφαρμογή του ΗΝΜΕ, αυξάνεται η φλεβική επιστροφή ενός μέλους, με την ενεργοποίηση της μυϊκής αντλίας (Hamade, 2004). Επιπλέον, στα μέλη του σώματος που ασκούνται, αυξάνεται η κυκλοφορία του αίματος, λόγω αύξησης του μεταβολισμού και της οξυγόνωσης τοπικά στο μυ. Τέλος, έχει παρατηρηθεί αύξηση της κατανάλωσης οξυγόνου ανά λεπτό και της κατανάλωσης γλυκόζης από τον οργανισμό (Tsang, et al., 1994; Moloney-Clarke, 2006).

Η δράση του ΗΝΜΕ τοπικά και συστηματικά βρίσκει εφαρμογή στην κλινική πράξη και συμβάλλοντας κυρίως στις:

- Λειτουργική αποκατάσταση των μυών με μειωμένη άρδευση, κυρίως στους μύες της κνήμης σε περίπτωση διαλείπουσας χωλότητας.
- Μείωση των φλεβικών ελκών και του οιδήματος, ενεργοποιώντας την μυϊκή αντλία.
- Βοήθεια στην πρόληψη της φλεβικής θρόμβωσης και τη θεραπεία της φλεβικής ανεπάρκειας.
- Θετική επίδραση στη μυϊκή ισχύ και στην αερόβια ικανότητα.

1.5 Συσκευές Ηλεκτροδιέγερσης

Μια συσκευή ηλεκτροδιέγερσης είναι ουσιαστικά μια φορητή συσκευή που δημιουργεί μυϊκούς σπασμούς, διαμέσου ενός ζεύγους ηλεκτροδίων (σχήματος οβάλ) που τοποθετούνται πάνω στους μύες. Το αποτέλεσμα της πολύπλοκης χαμηλής έντασης κυματόμορφης και κυμαινόμενης συχνότητας είναι οι μυϊκοί σπασμοί να ενισχύουν την αρτηριακή κυκλοφορία και την φλεβική επιστροφή του αίματος.

Στο εμπόριο κυκλοφορούν συσκευές ηλεκτροδιέγερσης διαφόρων εταιριών, οι οποίες στηρίζονται στην ίδια τεχνολογία και έχουν τον ίδιο στόχο. Η τεχνολογία που στηρίζονται είναι η πατενταρισμένη, εδώ και κάποια χρόνια, τεχνολογία Second Heart, η οποία στην αρχή κατασκευάστηκε για την αντιμετώπιση προβλημάτων κυρίως φλεβικής ανεπάρκειας στα κάτω άκρα, αλλά εξελισσόμενη χρησιμοποιήθηκε και στην αθλητική αποθεραπεία. Στόχος

των συσκευών ηλεκτροδιέγερσης είναι αφενός μεν η αθλητική αποθεραπεία, αφετέρου δε η εκγύμναση διαφόρων μυϊκών ομάδων, ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο πρόγραμμα.

Ύστερα από έντονη προσπάθεια είναι απαραίτητη η αποθεραπεία του αθλούμενου και μπορεί να γίνει με τρεις διαφορετικούς τρόπους: είτε με ξεκούραση, δηλαδή παθητικά, είτε με άλλη μορφή χαλαρής κίνησης αλλά ενεργητικά είτε με χρήση συσκευής ηλεκτροδιέγερσης. Η παθητική αποθεραπεία επιτυγχάνει σωστή αναπλήρωση του γλυκογόνου, αλλά χρειάζεται μεγάλο διάστημα για την αποκατάσταση, αφού η απομάκρυνση του γλυκογόνου και των μεταβολικών ουσιών γίνεται αργά. Η ενεργητική αποκατάσταση απομακρύνει τις μεταβολικές ουσίες γρηγορότερα, αλλά υπάρχει μυϊκή καταπόνηση και παρατηρείται μία αναταραχή στην αναπλήρωση του γλυκογόνου. Τέλος, με τη χρήση συσκευών μυϊκής ηλεκτροδιέγερσης η αποκατάσταση γίνεται συνδυάζοντας τα πλεονεκτήματα των δύο προηγούμενων μεθόδων και απαλείφοντας τα μειονεκτήματά τους. Ουσιαστικά επιτυγχάνεται γρήγορη απομάκρυνση και αποκατάσταση των μεταβολικών ουσιών, χωρίς μυϊκή καταπόνηση και κατανάλωση οξυγόνου και αναπλήρωση του γλυκογόνου των μυών.

Οι συσκευές αποθεραπείας μυϊκής ηλεκτροδιέγερσης χρησιμοποιούνται για καθολική αποθεραπεία και για τοπική αποθεραπεία. Στην πρώτη περίπτωση, τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται στους γαστροκνήμιους μύες που λειτουργούν σαν μια δεύτερη καρδιά και οι συσπάσεις που εκτελούνται αυξάνουν την αρτηριακή ροή και τη φλεβική κυκλοφορία προς την καρδιά. Στην δεύτερη περίπτωση, η τοπική αποθεραπεία αφορά συγκεκριμένες μυϊκές ομάδες, οι οποίες κατά την έντονη άσκηση καταπονήθηκαν, με σκοπό την μείωση των κραμπών, του πόνου κ.ά. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες συσκευές μυϊκής ηλεκτροδιέγερσης.



Εικόνα 1: Ζώνη εκγύμνασης κοιλιακών



Εικόνα 2: Συσκευή μυϊκής ηλεκτροδιέγερσης αποθεραπείας



Εικόνα 3: Συσκευή ηλεκτροδιέγερσης για βελτίωση της δύναμης και αντοχής των μυών

Κεφάλαιο 2 – Αθλητικές κακώσεις

Εισαγωγή

Ο αθλητισμός σε όλες τις μορφές του, ερασιτεχνικός ή επαγγελματικός, είναι ευρέως διαδεδομένος και με αυτόν ασχολούνται άτομα όλων των ηλικιών και όλου του κοινωνικού φάσματος. Δυστυχώς όμως, κατά τη διάρκεια αυτής της δραστηριότητας συχνά συμβαίνουν ατυχήματα μεγαλύτερης ή μικρότερης βαρύτητας. Συνήθως τα αθλητικά ατυχήματα συμβαίνουν όταν ο οργανισμός βρίσκεται στο αποκορύφωμα της απόδοσής του. Τις περισσότερες φορές επιβαρύνεται και τραυματίζεται το μυοσκελετικό σύστημα, ενώ οι συνέπειες μπορεί να επεκτείνονται και στον ψυχισμό του αθλούμενου.

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί δίνεται καταρχήν ο ορισμός των αθλητικών κακώσεων, περιγράφονται και ταξινομούνται τα πιθανά αίτια πρόκλησης αυτών των κακώσεων, δίνεται η κλινική τους εικόνα, καταγράφονται οι συνηθέστερες αθλητικές κακώσεις και τέλος προτείνονται τρόποι θεραπείας τους.

2.1 Ορισμός Αθλητικών κακώσεων

Σύμφωνα με τον Αμπατζίδη (2000), ο όρος **κάκωση** χαρακτηρίζει τη βλάβη των ιστών του σώματος που προκαλείται από έμμεση ή άμεση βία. Ανάλογα με την επικοινωνία ιστών και περιβάλλοντος οι κακώσεις διακρίνονται σε κλειστές και ανοιχτές, ενώ ανάλογα με την ένταση της βίας και τη διάρκεια εφαρμογής, σε τραυματικές και κακώσεις υπερχρησίας. Ο Bradford (2000) θεωρεί ότι η οξεία κάκωση είναι αποτέλεσμα ενός μεμονωμένου γεγονότος, ενώ οι κακώσεις υπερχρησίας είναι αποτέλεσμα συσσώρευσης αποτελεσμάτων επαναλαμβανόμενων μικροκακώσεων σε τένοντες, σε μύες, σε συνδέσμους, σε χόνδρους και σε οστά. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (Π.Ο.Υ. – World Health Organization, WHO), στην ιατρική τραύμα ή κάκωση ονομάζεται «κάθε βίαιη καταστροφή ιστών, εξωτερική ή εσωτερική, ανεξάρτητα από το αίτιο που την προκάλεσε».

Στις μέρες μας η συμμετοχή σε αθλητικές δραστηριότητες αποτελεί τρόπο ζωής, όμως κατά την αθλητική δραστηριότητα πάντα υπάρχει ο κίνδυνος τραυματισμού. Με τον όρο **αθλητική κάκωση** γίνεται αναφορά στο είδος της κάκωσης που συνήθως συμβαίνει κατά τη διάρκεια της άθλησης σε ερασιτεχνικό ή σε επαγγελματικό επίπεδο. Ένα αθλητικό ατύχημα μπορεί να συμβεί είτε κατά τη διάρκεια που ο οργανισμός του αθλούμενου βρίσκεται στη

μέγιστη απόδοση είτε λόγω ανεπαρκούς προετοιμασίας. Το αποτέλεσμα και στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις είναι η αποχή για μεγάλες χρονικές περιόδους του αθλούμενου από την άθληση. Συνήθως, εμφανώς τραυματίζεται το μυοσκελετικό σύστημα, δε παύει όμως να επηρεάζεται ταυτόχρονα και η ψυχολογία του τραυματία.

Τα άτομα που υποφέρουν από κακώσεις υπερχρησίας, συνήθως ξεκινούν παραπονούμενα για έναρξη ήπιων συμπτωμάτων, τα οποία όμως με κάποιες αθλητικές δραστηριότητες επιδεινώνονται. Οι Korlan et al. (1985) συνδέουν τον όρο κάκωση με μια φυσική καταστροφή, συνήθως μυοσκελετική και υποστηρίζουν πως η δυσκολία του ορισμού των παραγόντων κινδύνου της άσκησης, είναι αποτέλεσμα της πολυπλοκότητας της ίδιας της άσκησης. Η εκτέλεση μιας φυσικής δραστηριότητας ή μιας άσκησης έχει διαφορετικό επίπεδο εκτελεστικότητας και έντασης, με αποτέλεσμα να έχει διαφορετική απόδοση σε παράγοντες κινδύνου. Οι παράγοντες αυτοί, όπως υποστηρίζουν οι συγγραφείς, για να οριστούν θα πρέπει πρώτα να εξεταστεί η αλληλεπίδραση των ενδογενών παραγόντων του περιβάλλοντος και του μέσου. Με την λέξη μέσο χαρακτηρίζεται το πραγματικό είδος της άσκησης που είναι συνάρτηση της ταχύτητας, της συχνότητας, της διάρκειας και του ζεστάματος.

2.2 Πιθανά αίτια και ταξινόμηση

Οι τραυματισμοί κατά την άθληση στερούν από τους αθλητές την ευκαιρία για σωστή προετοιμασία πριν από τις αγωνιστικές τους υποχρεώσεις ή τη συνέχιση της άθλησης τους για μεγάλο χρονικό διάστημα, με αποτέλεσμα οι στόχοι μιας ολόκληρης χρονιάς να τελειώσουν άδοξα. Τα πιθανότερα αίτια τραυματισμών, τα οποία και θα αναλυθούν διεξοδικά ακολούθως είναι:

- α) Κακή προπονητική πρακτική (ανεπαρκές ζέσταμα και διατάσεις)
- β) Απουσία κατάλληλων συνθηκών
- γ) Λανθασμένος ή ακατάλληλος εξοπλισμός

Η σωματική προσπάθεια που δε συνδυάζεται με προηγούμενο ζέσταμα, αποτελεί παράβαση των θεμελιωδών κανόνων του αθλητισμού. Οι περισσότεροι αθλητές περιλαμβάνουν στο πρόγραμμα τους κάποιας μορφής φυσική άσκηση χαμηλής έντασης, ώστε να προετοιμαστούν για την έντονη προσπάθεια που θα ακολουθήσει. Στο ζέσταμα μπορεί να περιλαμβάνονται το χαλαρό τρέξιμο ή οι διατάσεις. Σκοπός της προθέρμανσης είναι η επίτευξη της μέγιστης απόδοσης και η αποφυγή τραυματισμών. Καλύτερα αποτελέσματα

στην απόδοση καταγράφονται όταν το σώμα έχει ανεβασμένη θερμοκρασία, οπότε και επιτυγχάνεται καλύτερη αιμάτωση των μυών και μείωση της εσωτερικής τριβής τους. Ακόμη, η αύξηση της θερμοκρασίας έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της μετάδοσης των νευρικών σημάτων, που σχετίζονται με την κινητικότητα και τη μεγαλύτερη ευαισθησία των νευρικών απολήξεων. Όλα αυτά συνεπάγονται την αύξηση της ελαστικότητας των μυών του αθλητή και τη μείωση του κινδύνου των τραυματισμών. Επίσης, οι αρθρώσεις παρουσιάζουν καλύτερη κινητικότητα και συνεπώς καλύτερη επίδοση του αθλουμένου. Χωρίς την διαδικασία της προθέρμανσης, μια απότομη προσπάθεια μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες στην καρδιά ή στα αγγεία και να αποβούν καταστροφικές.

Η προθέρμανση (ζέσταμα) μπορεί να γίνει με τρεις διαφορετικούς τρόπους: α) παθητικό ζέσταμα, β) γενικό ζέσταμα και γ) ειδικό ζέσταμα. Το παθητικό ζέσταμα αυξάνει τη θερμοκρασία του σώματος με χρήση κάποιου εξωτερικού μέσου πχ αλοιφή, μασάζ κ.ά. Με τη μέθοδο αυτή, το σώμα ζεσταίνεται μόνο επιφανειακά. Για αυτό πρέπει να χρησιμοποιείται συμπληρωματικά και όχι να αντικαταστήσει τη βασική διαδικασία προθέρμανσης. Το γενικό ζέσταμα πετυχαίνεται με ενεργητικές ασκήσεις όπως τρέξιμο, σχοινάκι κ.ά. Είναι η πιο διαδεδομένη αρχή προθέρμανσης και το σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι αυξάνει την εσωτερική θερμοκρασία των μυών. Τέλος, το ειδικό ζέσταμα εστιάζεται σε συγκεκριμένα μέρη του σώματος που θα συμμετέχουν στην άθληση. Η διαδικασία εφαρμόζεται με εκτέλεση ασκήσεων όμοιων με αυτές του κυρίως προγράμματος, αλλά σε χαμηλότερη ένταση.

Η διάρκεια και η ένταση της προθέρμανσης πρέπει να προσαρμόζεται στις σωματικές ικανότητες του αθλητή και στις ιδιαιτερότητες του αθλήματος. Δεν πρέπει να έχει υπερβολικά μεγάλη διάρκεια ή ένταση, ώστε να εξαντλήσει το άτομο, ενώ ο αθλητής θα πρέπει να κρατήσει δυνάμεις για την κυρίως εκγύμναση. Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, επίσης, αποτελεί παράγοντα ρύθμισης της διάρκειας και της έντασης της προθέρμανσης, καθώς, όταν έχει κρύο, το ζέσταμα θα πρέπει να είναι εντονότερο και η θερμοκρασία του σώματος να διατηρείται υψηλή με κατάλληλα ρούχα.

Η δημοφιλέστερη πρακτική που ακολουθείται στην προθέρμανση, όπως προαναφέραμε, περιλαμβάνει κάποιο είδος χαλαρής άσκησης, μαζί με στατικές (παθητικές) διατάσεις και ολοκληρώνεται με δρομικές συνήθως ασκήσεις. Οι στατικές διατάσεις προκαλούν ελάττωση της δύναμης και της ισχύος (Behm *et al.*, 2004; Markovic and Mikulic, 2010; Simic *et al.*, 2012), μείωση του επιτόπιου άλματος (Bradley *et al.*, 2007; Power *et al.*, 2004), ελάττωση της δύναμης της μέγιστης ισομετρικής συστολής (Fowles *et al.*, 2000) και τέλος αύξηση του

χρόνου σπριντ (Sayers *et al.*, 2008). Η διάρκεια των επιπτώσεων αυτών μπορεί να είναι από λίγα λεπτά μέχρι 120 λεπτά μετά την πραγματοποίησή τους.

Οι Simic *et al.*, το 2012 σε δημοσίευσή τους, υποστηρίζουν ότι όσο πιο πολύ διαρκεί μια παθητική διάταση, τόσο πιο εμφανείς είναι και οι αρνητικές επιπτώσεις. Μάλιστα, καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η αρνητική επίδραση των στατικών διατάσεων στην ισχύ και την δύναμη είναι σαφής, ανεξάρτητη της ηλικίας, του φύλου και της προπονητικής εμπειρίας του αθλούμενου. Οι παθητικές διατάσεις, ακόμη, δεν φαίνεται να ελαττώνουν την πιθανότητα τραυματισμού, αντίθετα απ' ότι πιστεύουν πολλοί αθλητές και προπονητές. Το θέμα χρειάζεται περισσότερη μελέτη, αλλά με τα ως τώρα συμπεράσματα ερευνών, φαίνεται ότι οι στατικές διατάσεις δεν προστατεύουν σημαντικά τον αθλητή (Shrier, 1999; Shrier, 2002).

Τα τελευταία χρόνια, κατά τη διάρκεια της προθέρμανσης εφαρμόζονται προγράμματα δυναμικών διατάσεων, καθώς διάφορες έρευνες έδειξαν ότι οι δυναμικές διατάσεις συνδυαζόμενες με άλλες δραστηριότητες παρουσιάζουν θετικά αποτελέσματα (McMillian *et al.*, 2006; Yamaguchi and Ishii, 2005; Yamaguchi *et al.*, 2007). Η επανάληψη των κινητικών ασκήσεων της κύριας δραστηριότητας, σε χαμηλότερους ρυθμούς στην φάση της προθέρμανσης, φαίνεται να βελτιώνει την απόδοση του νευρικού συστήματος, ενεργοποιώντας τις κατάλληλες κινητικές ομάδες. Επιπλέον, η αυξημένη απόδοση ίσως οφείλεται στην αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος ή στην μη μείωση της θερμοκρασίας και της εν γένει νευρικής δραστηριότητας, η οποία καταγράφεται όταν ο αθλητής κάθεται στο έδαφος να κάνει διατάσεις ύστερα από το αρχικό ζέσταμα (Young and Behm, 2003).

Μια από τις πιο αποτελεσματικές, αλλά όχι τόσο διαδεδομένες μεθόδους προθέρμανσης, είναι οι ισομετρικές ασκήσεις, οι οποίες από μια σειρά ερευνών έχει αποδειχθεί ότι έχουν θετικά αποτελέσματα. Διάφορες έρευνες που έχουν λάβει μέρος αθλητές διαφορετικών αθλημάτων, όπως κωπηλάτες (Feros *et al.*, 2012), αθλητές στίβου (French *et al.*, 2003) κ.ά. έδειξαν ότι η χρήση ισομετρικών ασκήσεων κατά τη διάρκεια της προθέρμανσης, αύξησε και βελτίωσε τις αποδόσεις των αθλητών και γενικά είχε θετικά αποτελέσματα στην εκρηκτική δύναμη και κυρίως στις έντονες εκρηκτικές μυϊκές συστολές. Η θετική επίδραση της ισομετρικής άσκησης οφείλεται στην αυξημένη νευρική διέγερση, η οποία ακολουθεί την επιβάρυνση των μυών με αρκετά φορτία, προσφέρει αξιόλογη εργογόνο δράση και ο ρόλος της κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικός για την προθέρμανση (Gullich and Schmidtbleicher, 1996; Sale, 2002). Το σημαντικότερο πλεονέκτημα των ισομετρικών ασκήσεων είναι ότι οποιοδήποτε περιβάλλον θεωρείται κατάλληλο για την πραγματοποίησή τους και δεν χρειάζονται μηχανήματα ή επιπλέον εξοπλισμό.

Στην απουσία κατάλληλων συνθηκών και στον ανεπαρκή εξοπλισμό, εντάσσονται κυρίως οι εξωτερικοί παράγοντες κινδύνου πρόκλησης τραυματισμών. Οι παράγοντες αυτοί είναι:

- Η απουσία εξειδικευμένου προσωπικού, ικανού να προλαμβάνει και να αντιμετωπίζει τις κακώσεις που μπορεί να συμβούν στους αθλητές (Njoroai, 1994).
- Η φόρτιση των ασκήσεων κατά την διάρκεια της προπόνησης και της άσκησης.
- Η απουσία σωστού προαγωνιστικού προγράμματος προπόνησης (Heidt et al., 2000).
- Ο εξοπλισμός του αθλητή κατά την προπόνηση, αλλά και τον αγώνα παίζει εξίσου σημαντικό ρόλο. Θα πρέπει οπωσδήποτε να είναι κατάλληλος και προσαρμοσμένος στα προσωπικά χαρακτηριστικά του αθλητή (Inklaar, 1994).
- Οι αγωνιστικές συνθήκες κατά τη διάρκεια άθλησης, όπως επίσης και το επικίνδυνο παιχνίδι των αθλητών, μπορεί να επιφέρουν κάποιο τραυματισμό (Mc Latchie, 1993).
- Τέλος, περίπτωση τραυματισμού υπάρχει και λόγω εξάντλησης από άσχημες καιρικές συνθήκες, πχ υψηλή θερμοκρασία, παγωνιά κ.ά. (Olsen et al., 2004).

Οι τραυματισμοί κατά την άθληση μπορούν να ταξινομηθούν στις εξής τρεις κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν αυτοί που δημιουργούν κακώσεις 1^{ου} βαθμού και χαρακτηρίζονται από ρήξη περιορισμένου αριθμού μυϊκών ινών. Στη δεύτερη ανήκουν αυτοί που δημιουργούν κακώσεις 2^{ου} βαθμού και χαρακτηρίζονται από μερική ρήξη του μυός. Στην τρίτη ανήκουν αυτοί που δημιουργούν κακώσεις 3^{ου} βαθμού και χαρακτηρίζονται από πλήρη ρήξη του μυός.

2.3 Κλινική εικόνα

Η κλινική εικόνα ενός αθλητή που έχει υποστεί κάκωση εξαρτάται από τον βαθμό της κάκωσης και την περιοχή που εντοπίζεται το πρόβλημα. Γενικά, τα συμπτώματα συνίστανται σε τοπικό οίδημα και εντοπισμένο πόνο που αναπαράγεται κατά τη σύσπαση του μυός. Κατά την κλινική εξέταση διαπιστώνεται ευαισθησία όταν δέχεται πίεση η περιοχή κάκωσης, ενώ κατά τη σύσπαση του μυός και την παθητική διάταση, υπάρχει έντονος πόνος. Σε περιπτώσεις κάκωσης 2^{ου} και 3^{ου} βαθμού εντοπίζεται με ψηλάφηση κενού στην περιοχή ρήξης. Στις κακώσεις 3^{ου} βαθμού, όπου υπάρχει πλήρης ρήξη του μυός, είναι αδύνατη η σύσπασή του και η κίνηση της άρθρωσης.

2.4 Συνήθεις αθλητικές κακώσεις

Μώλωπες

Είναι η συνηθέστερη των αθλητικών κακώσεων και οφείλονται σε ρήξη των αγγείων με αποτέλεσμα την έξοδο του αίματος, το οποίο διαχέεται στους υποδόριους ιστούς (Εικ. 4). Όταν η ρήξη των αγγείων είναι εκτενής, τότε είναι δυνατή η δημιουργία αιματώματος. Στην περίπτωση αυτή, ο βελονισμός έχει ευεργετικά αποτελέσματα θεραπεύοντας σε σύντομο χρονικό διάστημα και τους μώλωπες και τα αιματώματα.



Εικόνα 4: Μώλωπες στην περιοχή του χεριού

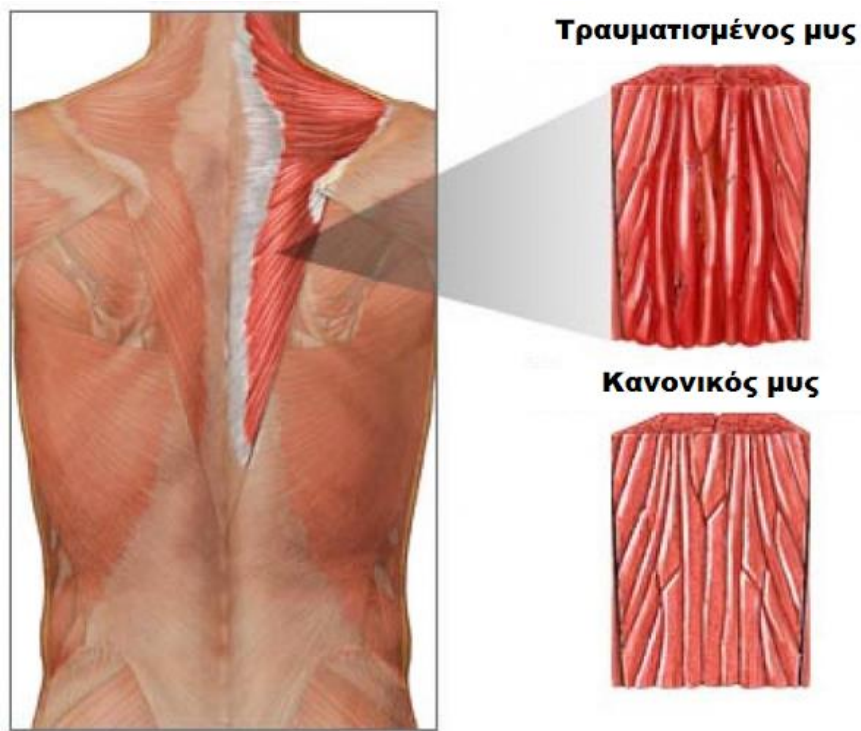
Θλάσεις

Αποτελούν την πιο συχνή κάκωση των μυών και των τενόντων. Δημιουργείται από την απότομη επιβάρυνση του τραυματικού παράγοντα πάνω στους μαλακούς ιστούς (Εικ. 5). Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ρήξη των μυϊκών ινών σε κάποιες περιοχές. Θλάσεις καταγράφονται κυρίως σε ταχυδυναμικά αθλήματα, όπως δρόμος ταχύτητας, άλματα, ποδόσφαιρο, στα οποία η επιβάρυνση γίνεται μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα. Οι θλάσεις ανάλογα με τη βαρύτητα τους ταξινομούνται σε:

- **Θλάσεις 1^{ου} βαθμού:** Στις περιπτώσεις αυτές έχουμε ρήξη μόνο μερικών ινών, οπότε εμφανίζεται πόνος, οίδημα ή αιμάτωμα. Δεν είναι απαραίτητο ο αθλητής να διακόψει την δραστηριότητα του, όμως θα πρέπει να είναι πολύ προσεκτικός για

αποφυγή υποτροπιών. Στην περιοχή της θλάσης δημιουργείται ένα μικροοίδημα το οποίο διεγείρει τις νευρικές απολήξεις και έτσι προκαλείται πόνος, που είναι το κυρίως σύμπτωμα που πρέπει να εξουδετερωθεί. Σε πρώτη φάση, η αντιμετώπιση γίνεται με χρήση πάγου, ενώ αργότερα χρησιμοποιείται βελονισμός για γρηγορότερη αποκατάσταση.

- **Θλάσεις 2^{ου} βαθμού:** Στην περίπτωση αυτή έχουμε ρήξη μεγαλύτερου συνόλου μυϊκών ινών, ρήξη τριχοειδών αγγείων και δημιουργία αιματώματος. Χαρακτηριστικά συμπτώματα είναι ο έντονος πόνος, ο οποίος αναπαράγεται κατά τη στιγμή της συστολής, η ευαισθησία στην περιοχή τραυματισμού, η εμφάνιση οιδήματος και η ελάττωση της δύναμης του μυός. Σε αυτού του είδους τις κακώσεις χρησιμοποιείται άμεσα ψυκτικό για ανακούφιση του αθλητή, ενώ μετά την άθληση ή τον αγώνα θα πρέπει να ακολουθηθεί κρυοθεραπεία. Απαγορεύεται αυστηρά η θερμοθεραπεία και η μάλιαξη για 48 έως 72 ώρες μετά τον τραυματισμό. Η ρεφλεξολογία είναι η πλέον ενδεδειγμένη μέθοδος για τη γρήγορη αποκατάστασή τους.
- **Θλάσεις 3^{ου} βαθμού:** Στις θλάσεις 3^{ου} βαθμού παρατηρείται πλήρης ρήξη των μυϊκών ινών, ρήξη των αιμοφόρων αγγείων και έντονο αιμάτωμα στην περιοχή της κάκωσης. Λόγω διαχωρισμού των άκρων του μυός στην περιοχή δημιουργείται ένα κενό. Αρχικά, ο αθλητής εμφανίζει οξύ πόνο, οίδημα στην περιοχή και πλήρη ανικανότητα λειτουργίας του μέλους. Για την αντιμετώπιση της ολικής θλάσης, ο αθλητής χειρουργείται και κατά τη διάρκεια του χειρουργείου αφαιρείται το αιμάτωμα και ράβονται τα άκρα του μυός, ώστε το τραύμα να επουλωθεί. Ο βελονισμός και η ρεφλεξολογία βοηθούν στην αποκατάσταση του αθλητή μετά το χειρουργείο.



Εικόνα 5: Τραυματισμένος και κανονικός μυς από θλάση

Οι πιο συχνές θλάσεις που αντιμετωπίζουν οι αθλητές είναι:

- **Θλάσεις του μηρού:** Πραγματοποιούνται σε οποιαδήποτε αθλητική δραστηριότητα κυρίως όμως στο ποδόσφαιρο και το άλμα εις ύψος. Οι θλάσεις 1^{ου} και 2^{ου} βαθμού συμβαίνουν στον τετρακέφαλο μυ, ενώ οι θλάσεις 3^{ου} βαθμού στον ορθό μηριαίο και στον ραπτικό (Εικ. 6).



Εικόνα 6: Θλάση στην περιοχή του μηρού

- **Θλάσεις στους προσαγωγούς:** Ο μακρός προσαγωγός είναι αυτός που συνήθως αντιμετωπίζει θλάσεις. Επιρρεπή αθλήματα είναι ο στίβος, το σκι, το ποδόσφαιρο και η ενόργανη γυμναστική. Στα συμπτώματα συγκαταλέγονται έντονο άλγος στην

ηβική σύμφυση και στην περιοχή της βουβωνικής χώρας. Τα συμπτώματα αυτά μερικές φορές μπορεί να είναι τόσο έντονα ώστε ο αθλητής να φτάσει στο σημείο να εγκαταλείψει ακόμη και την καριέρα του. Για την αποφυγή τέτοιων δυσάρεστων γεγονότων θα πρέπει η διάγνωση και η θεραπεία να έχουν πρωτεύοντα ρόλο, ώστε να μη γίνει η πάθηση χρόνια.

Στο σύνδρομο κοιλιακών προσαγωγών περιλαμβάνονται οι εξής παθήσεις:

- Τενοντοπάθεια του ορθού κοιλιακού
 - Τενοντοπάθεια των προσαγωγών
 - Τενοντοπάθεια του λαγονοψοΐτου
 - Κατάγματα λόγω κοπώσεως του αυχένα του μηριαίου
 - Κατάγματα λόγω κοπώσεως του ηβικού οστού
 - Παγίδευση του θυρεοειδούς νεύρου
 - Τραυματική ηβική οστεΐτης
-
- **Θλάσεις στους καμπήρες του γόνατος:** Στους καμπήρες του γόνατος ανήκουν ο ημιμεμβρανώδης, ο δικέφαλος και ο ημιτενοντώδης. Οι θλάσεις αυτές παρατηρούνται συνήθως στους δρομείς μεσαίων αποστάσεων, στους σπρίντερ, στους τενίστες.
 - **Θλάσεις στο γαστροκνήμιο μυ:** Συνήθως συμβαίνουν κατά την πραγματοποίηση απότομων και γρήγορων κινήσεων, όταν η θερμοκρασία στο περιβάλλον είναι χαμηλή και η προθέρμανση του αθλητή ελλιπής. Το τένις, το μπάσκετ, το βόλεϊ, τα άλματα και το χάντμπολ είναι τα αθλήματα που συμβαίνουν αυτού του είδους οι θλάσεις στους αθλητές. Το συναίσθημα που λαμβάνει ο αθλητής είναι ένα δυνατό χτύπημα από πίσω, το οποίο διαδέχεται η ανικανότητα του αθλητή να πατήσει με ολόκληρο το πέλμα, καθώς ο γαστροκνήμιος μυς δεν δύναται να συσπαστεί. Ο βελονισμός, η ρεφλεξολογία και το ορθοπεδικό laser, μπορούν να επιταχύνουν την αποκατάσταση της κάκωσης.

Αιματώματα μυών

Προκαλείται από την ρήξη αγγείων και την τοπική συγκέντρωση αίματος, λόγω βίαιου πλήγματος του μυός. Τα συνήθη συμπτώματα είναι το τοπικό οίδημα, ο πόνος και η αδυναμία σύσπασης του μυός.

Μυϊκοί σπασμοί και κράμπες

Οι κράμπες και οι μυϊκοί σπασμοί είναι μυϊκές συσπάσεις επώδυνες και μακράς διάρκειας. Πιθανές αιτίες είναι η αφυδάτωση, η κακή διατροφή, η λανθασμένη προπόνηση και οι τοπικές διαταραχές στην αιμάτωση. Εμφανίζονται κυρίως κατά την διάρκεια της άσκησης και μπορεί να αποτελέσουν αιτία και για ρήξη του μυ (Εικ. 7).



Εικόνα 7: Κράμπα αθλητή κατά τη διάρκεια ποδοσφαιρικού αγώνα

Κακώσεις των αρθρώσεων

Κατά την άθληση οι αρθρώσεις αποτελούν ίσως το πιο επιβαρυνόμενο τμήμα του κινητικού συστήματος του αθλητή. Ανατομικά μια άρθρωση αποτελείται από τα εξής μέρη: τους τένοντες, τους συνδέσμους και τους χόνδρους. Οι τένοντες αποτελούν προέκταση των μυών και βοηθούν στην πραγματοποίηση της κίνησης. Οι σύνδεσμοι προσφύονται στα άκρα των οστών, τα συνδέουν και βοηθούν στην σταθερότητα της άρθρωσης. Οι χόνδροι περιβάλλουν τις άκρες των οστών προσφέροντάς τους προστασία. Όταν συμβεί ρήξη του χόνδρινου ιστού, τότε το οστό τρίβεται ακάλυπτο με το χόνδρο του άλλου οστού της άρθρωσης, προκαλώντας αλλοίωση του οστού.

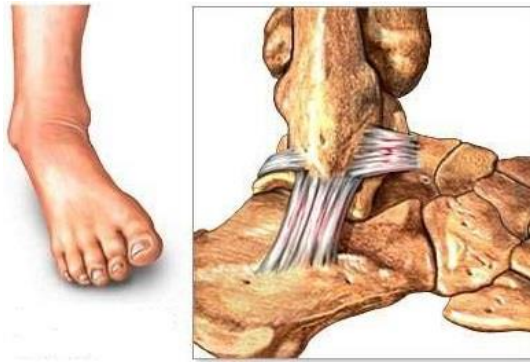
Οι τραυματισμοί των αρθρώσεων είτε αυτοί πλήττουν τα οστά ή τους χόνδρους, τους τένοντες, τους μύες ή τους συνδέσμους, δημιουργούν αστάθεια στην άρθρωση, δυσκολεύουν την κίνηση, με αποτέλεσμα την μόνιμη ή μακρόχρονη διακοπή της αθλητικής δραστηριότητας.

Οι σημαντικότερες από τις κακώσεις των αρθρώσεων είναι:

- **Διάστρεμμα:** Παρουσιάζεται όταν η άρθρωση υπερβεί το φυσιολογικό εύρος κινητικότητας της ή όταν τραυματιστεί από κάποιον εξωτερικό παράγοντα λόγω ανώμαλης κίνησης. Στο διάστρεμμα προκαλείται ρήξη και διάταση ενός ή και περισσότερων αρθρικών συνδέσμων, χωρίς οι επιφάνειες των οστών που εφάπτονται της άρθρωσης να μετατοπίζονται.

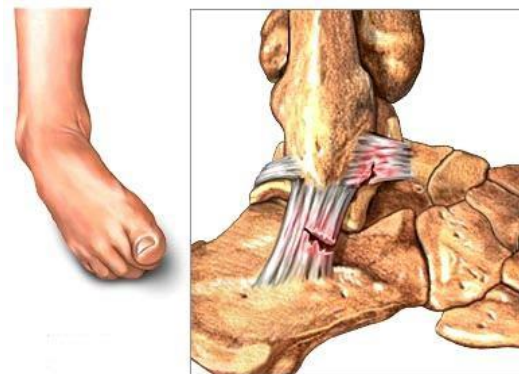
Τα διαστρέμματα διακρίνονται σε τρία είδη:

Διάστρεμμα 1^ο βαθμού: Αποτελεί την ελαφρά μορφή του διαστρέμματος, κατά την οποία ρηγνύεται μικρός αριθμός κολλαγόνων ινών και δεν επιβαρύνεται η βάδιση (Εικ. 8).



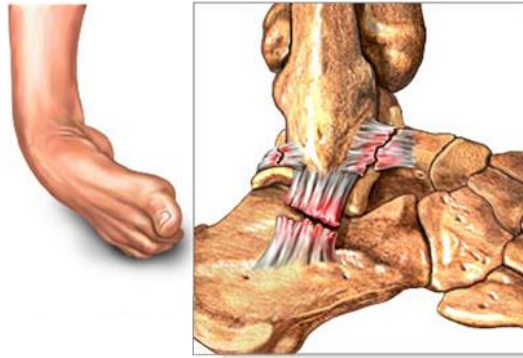
Εικόνα 8: Κάκωση 1^ο βαθμού

Διάστρεμμα 2^ο βαθμού: Στην περίπτωση αυτή έχουμε μερική ρήξη των συνδέσμων της άρθρωσης, με αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της συστολής των μυών, την εμφάνιση τοπικού οιδήματος και πόνου, αλλά παραμονή της ευστάθειας της άρθρωσης (Εικ. 9).



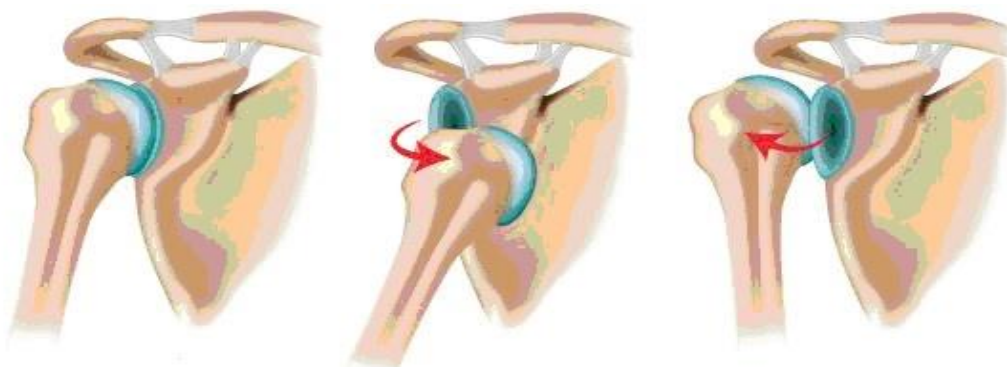
Εικόνα 9: Κάκωση 2^ο βαθμού

Διάστρεμμα 3^ο βαθμού: Εδώ η ρήξη των συνδέσμων είναι ολική και παρατηρείται αστάθεια της άρθρωσης, συνοδευόμενη από αδυναμία εκτέλεσης κινήσεων, τοπικό οίδημα και έντονο πόνο. Η ποδοκνημική άρθρωση εμφανίζει τα μεγαλύτερα ποσοστά διαστρεμμάτων αυτού του τύπου (Εικ. 10). Η πρόκληση διαστρέμματος οφείλεται συνήθως σε κακές αγωνιστικές επιφάνειες και στα παπούτσια αθλητών που συμμετέχουν σε ποδοσφαιρικούς αγώνες, αγώνες μπάσκετ, χάντμπολ κ.ά.



Εικόνα 10: Κάκωση 3^ο βαθμού

- **Εξάρθρωμα:** Η κάκωση αυτή εμφανίζει απομάκρυνση των αρθρικών επιφανειών και η κατάσταση χαρακτηρίζεται ως μόνιμη (Εικ. 11). Όταν συνοδεύεται με σημαντική μετατόπιση και πλήρη διακοπή της κανονικής επαφής των επιφανειών των αρθρώσεων, τότε χαρακτηρίζεται ως πλήρες εξάρθρωμα, ενώ όταν υπάρχει κάποιο σημείο επαφής μεταξύ των αρθρικών επιφανειών, χωρίς όμως η άρθρωση να διατηρεί τα φυσιολογικά λειτουργικά και ανατομικά στοιχεία της, τότε χαρακτηρίζεται ως υπεξάρθρωμα. Σε κάθε περίπτωση παρατηρείται εμφανής παραμόρφωση της άρθρωσης.

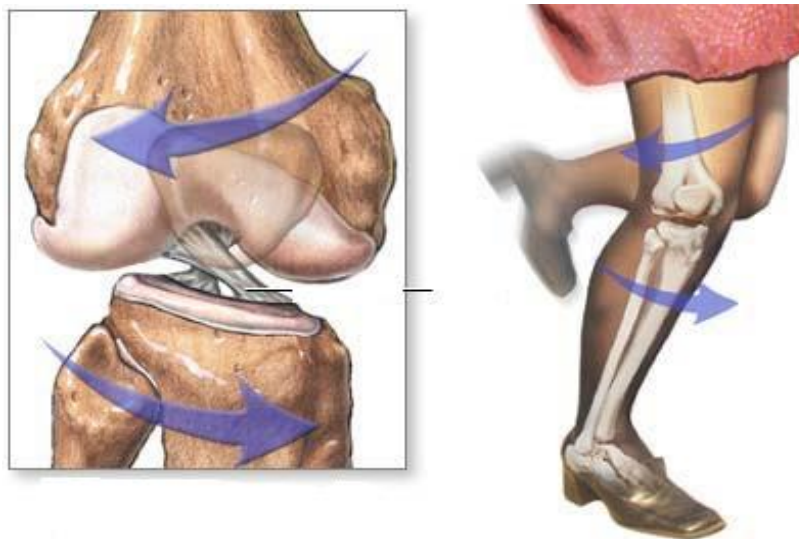


Εικόνα 11: Πρόσθιο και οπίσθιο εξάρθρωμα ώμου

Κάκωση του γόνατος

Η άρθρωση του γόνατος εκτός από κάμψη και έκταση εκτελεί και στροφές, παρουσιάζοντας έτσι μεγάλη ελευθερία στις κινήσεις, αλλά μειωμένη σταθερότητα σε σχέση με άλλες αρθρώσεις. Κατά τη διάρκεια μιας αθλητικής δραστηριότητας, το γόνατο επιβαρύνεται με δυνάμεις που είναι εξαπλάσιες ως οχταπλάσιες του βάρους του σώματος του αθλητή. Για την αποφυγή τραυματισμού οι δυνάμεις αυτές θα πρέπει να εξισορροπηθούν από τους συνδέσμους και τους μυς. Όταν οι μυς που περιβάλλουν το γόνατο δεν είναι δυνατοί ώστε να απορροφήσουν την κινητική ενέργεια που παράγεται, τότε αυτή μεταφέρεται στα οστά και τους συνδέσμους, προκαλώντας τραυματισμούς.

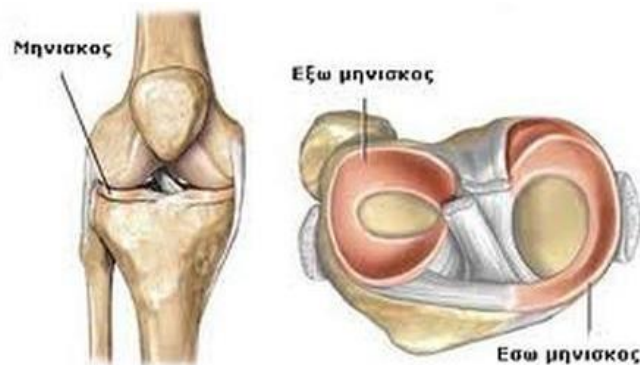
Αθλήματα στα οποία παρουσιάζονται οι περισσότεροι τραυματισμοί των συνδέσμων είναι τα αθλήματα επαφής (ποδόσφαιρο, μπάσκετ, χάντμπολ, κ.ά.) και τα ατομικά αθλήματα (σκι, τένις, κ.ά.). Η κάκωση στις περιπτώσεις αυτές οφείλεται κυρίως στην σύγκρουση μεταξύ των αντιπάλων που δημιουργεί μη κανονικές στροφικές κινήσεις στην άρθρωση του γόνατος (Εικ. 12). Οι τραυματισμοί της άρθρωσης στο γόνατο και στη σπονδυλική στήλη είναι οι πιο συχνά εμφανιζόμενοι, αλλά έχουν τη χειρότερη πρόγνωση γιατί αποτελούν τη συνήθη αιτία διακοπής της σταδιοδρομίας ενός επαγγελματία αθλητή. Επειδή η σωστή λειτουργία της άρθρωσης του γόνατος είναι απαραίτητο στοιχείο για το σύνολο σχεδόν των ασκήσεων ενός αθλούμενου και εξαιτίας της καθημερινής επιβάρυνσης του, είναι συχνοί και οι τραυματισμοί της άρθρωσης αυτής.



Εικόνα 12: Κάκωση στο γόνατο

Οι τραυματισμοί αυτοί μπορεί να αφορούν τους συνδέσμους, τους χόνδρους, τους μύες που περιβάλλουν το γόνατο, την επιγονατίδα, καθώς επίσης και τους τένοντες της επιγονατίδας. Η επιγονατίδα είναι ένα μικρό τριγωνικό οστό το οποίο υπάρχει στον τένοντα κατάφυσης στον τετρακέφαλο. Αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία της άρθρωσης του γόνατος και βοηθά στην ενδυνάμωση της κίνησης του κάτω άκρου. Οξύς τραυματισμός της επιγονατίδας μπορεί να προκαλέσει χονδρομαλάκυνση (αλλοίωση του χόνδρου της άρθρωσης). Ακόμη, από απότομη κάκωση μπορεί να προκληθεί εξάρθρωμα της επιγονατίδας.

Οι μηνίσκοι συνδέονται άμεσα με το γόνατο, καθώς είναι ινοχόνδρινοι σχηματισμοί και υπάρχουν δύο σε κάθε γόνατο. Είναι υπεύθυνοι για την σταθερότητα του γόνατος, την απορρόφηση των κραδασμών και βοηθούν στην εκτέλεση της έξω και έσω στροφής της κνήμης. Σε πολλά είδη αθλημάτων παρατηρείται ρήξη των μηνίσκων, που μπορεί να εμφανιστεί με μορφή περιφερικής αποκόλλησης, ρήξης στο οπίσθιο και το πρόσθιο κέρασ και τέλος επιμήκους ρήξης που είναι και η πιο συχνά εμφανιζόμενη. Μεταξύ του έξω και έσω μηνίσκου, ο έσω είναι αυτός που υφίσταται συχνότερα ρήξη, επειδή δέχεται μεγαλύτερες πιέσεις (Εικ. 13).



Εικόνα 13: Ο μηνίσκος και τα μέρη του

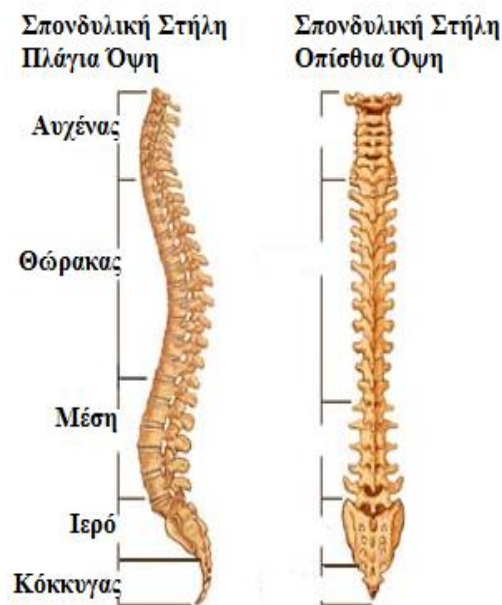
Η κυριότερη αιτία κάκωσης των μηνίσκων είναι όταν το γόνατο βρίσκεται σε κάμψη και στρέφεται απότομα προς τα έξω. Στο σημείο αυτό οι αιχμηρές επιφάνειες των έσω κονδύλων της κνήμης και του μηριαίου, συμπαρασύρουν τον έσω μηνίσκο, ο οποίος υφίσταται ρήξη. Με αυτό τον τρόπο προκαλείται τοπικός πόνος, οίδημα και αδυναμία της άρθρωσης να εκτελέσει κινήσεις. Ο αθλητής καταλήγει σε χειρουργική επέμβαση στις περισσότερες των περιπτώσεων, κατά την οποία αφαιρούνται οι μηνίσκοι, γεγονός όμως που μειώνει την λειτουργικότητα της άρθρωσης.

Σπανιότερες βέβαια, αλλά όχι ανύπαρκτες είναι οι κακώσεις των χιαστών συνδέσμων στο γόνατο. Ρήξη του οπίσθιου χιαστού συνδέσμου συμβαίνει κατά την εκτέλεση πτώσης από

ύψος και στήριξης σε λυγισμένο γόνατο, ενώ ρήξη του εμπρόσθιου χιαστού συνδέσμου συμβαίνει όταν (σε σχέση με τον μηρό) το άνω άκρο της κνήμης στραφεί απότομα προς τα εμπρός.

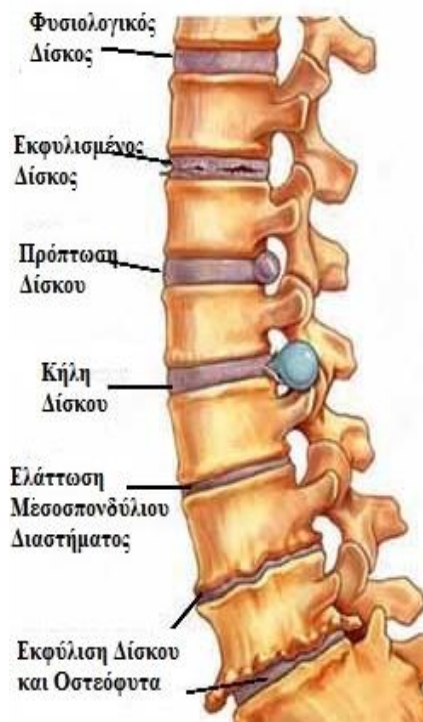
Κακώσεις της σπονδυλικής στήλης

Η σπονδυλική στήλη βοηθά στην στήριξη, την μετακίνηση του σώματος και την διατήρηση του σε όρθια στάση. Η σπονδυλική στήλη επικουρούμενη από τους συνδέσμους, τους μεσοσπονδύλιους δίσκους και με την συστολή των ραχιαίων και κοιλιακών μυών, εξασφαλίζει την σταθερότητα της. Το μεγαλύτερο βάρος του σώματος δέχεται η οσφυϊκή μοίρα και συνεπώς κατά τη διάρκεια των ασκήσεων, επιφορτίζεται σημαντικά. Πολύ συχνό σύμπτωμα κάκωσης της σπονδυλικής στήλης αποτελεί η οσφυαλγία, δηλαδή η εμφάνιση πόνου στην οσφυϊκή μοίρα. Οφείλεται συνήθως στη λάθος στάση της σπονδυλικής στήλης κατά τη διάρκεια της άθλησης και κυρίως κατά τη διάρκεια ασκήσεων άρσης βαρών, στην έλλειψη φυσιολογικής λόρδωσης ή στην υπερλόρδωση της σπονδυλικής στήλης. Η κάκωση ή η πίεση του ισχιακού νεύρου είναι αιτία πόνου σε όλο το κάτω άκρο και είναι γνωστή ως ισχιαλγία. Πολύ προσοχή χρειάζεται στην ανύψωση μεγάλων βαρών, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε κάκωση των χόνδρινων μεσοσπονδύλιων δίσκων και των συνδέσμων (Εικ. 14).



Εικόνα 14: Η ανθρώπινη σπονδυλική στήλη και τα μέρη από τα οποία αποτελείται
(πηγή: <http://www.athlitikeskakwseis.gr/>)

Η πρόκληση κοίλης αποτελεί το πιο συχνό είδος κάκωσης των μεσοσπονδύλιων δίσκων. Η οσφυαλγία που είναι αποτέλεσμα κοίλης του μεσοσπονδύλιου δίσκου ή πίεσης των νεύρων των μεσοσπονδύλιων τριμάτων, αποτελεί συχνό φαινόμενο στους αθλητές. Κατά την εκτέλεση κάμψης του αθλητή συνήθως προκαλείται οπίσθια κοίλη, ενώ κατά την εκτέλεση έκτασης προκαλείται πρόσθια κοίλη του μεσοσπονδύλιου δίσκου. Ένα άλλο είδος κάκωσης της σπονδυλικής στήλης είναι η μετατόπιση ενός σπονδύλου, που ονομάζεται σπονδυλόλιση και οφείλεται στις έντονες υπερεκτάσεις και εκτάσεις της σπονδυλικής στήλης. Συνήθως, η σπονδυλόλιση παρουσιάζεται στον 5^ο σπόνδυλο και πολύ πιο σπάνια στον 3^ο ή 4^ο οσφυϊκό σπόνδυλο. Σε οξείες καταστάσεις μπορεί να προκληθεί και σπονδυλοολίσθηση, δηλαδή μετακίνηση ολόκληρου τμήματος της σπονδυλικής στήλης. Η μετακίνηση αυτή τις περισσότερες φορές είναι πρόσθια (Εικ. 15).



Εικόνα 15: Παραδείγματα προβλήματος του δίσκου της σπονδυλικής στήλης
(πηγή: <http://www.e-algos.com/gr/>)

Στην οσφυϊκή χώρα μπορεί να προκληθούν και θλάσεις μυών ή ρήξη συνδέσμων, που παρατηρούνται σε αθλήματα επαφής όπως μπάσκετ, ποδόσφαιρο, χάντμπολ. Συχνά από οσφυαλγία λόγω κάκωσης της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, υποφέρουν και οι αθλητές της ρυθμικής και ενόργανης γυμναστικής.

Κάκωση υπέρχρησης

Στις κακώσεις υπέρχρησης ανήκουν τα κατάγματα κόπωσης (stress fracture), που είναι αποτέλεσμα επαναλαμβανόμενων μικροκακώσεων του οστίτη ιστού. Οι επαναλαμβανόμενες αυτές μικροκακώσεις μπορούν να επιφέρουν κάταγμα του οστού. Επιρρεπή σε κατάγματα κόπωσης είναι τα οστά των κάτω άκρων και μάλιστα σε δρομείς, καθώς αυτά επιβαρύνονται περισσότερο. Στην περίπτωση αυτή, οι κακώσεις των οστών συνήθως συμβαίνουν στην κεφαλή και στον αυχένα του μηριαίου οστού, στην κνήμη και στα οστά του μεταταρσίου. Η υπερβολική κόπωση ή η μη σωστή προθέρμανση των μυών επιβαρύνουν περισσότερο το οστό και οδηγούν συχνά σε κατάγματα κόπωσης. Τα κατάγματα κόπωσης χαρακτηρίζονται από έντονο πόνο σε όλο το μήκος του οστού, με έμφαση κυρίως στην περιοχή βλάβης.

2.5 Θεραπεία

Σε μια αθλητική κάκωση, η διαδικασία αποκατάστασης των ιστών περιλαμβάνει τρία στάδια: α) το φλεγμονώδες, β) το ινοβλαστικό και γ) το στάδιο της ωρίμανσης και επανασχεδιασμού (Ryan and Stone 1991; Almekinders, 1993).

Το πρώτο στάδιο είναι το φλεγμονώδες και διαρκεί 2 έως 4 ημέρες. Η κλινική εικόνα που παρουσιάζεται στην περιοχή της κάκωσης είναι ερυθρότητα, αυξημένη θερμότητα, επώδυνη ευαισθησία και οίδημα. Το τραύμα στους ιστούς που έγινε αρχικά, συνεχίζει με δευτερογενή βλάβη στην γύρω περιοχή και οφείλεται σε υποξία και ενζυματική δραστηριότητα. Στο στάδιο αυτό, η αποκατάσταση επικεντρώνεται στην μείωση του πόνου, στην ελαχιστοποίηση της φλεγμονώδους αντίδρασης και τέλος στην αποτροπή μεγαλύτερης λειτουργικής απώλειας στους ιστούς της περιοχής.

Το δεύτερο στάδιο, που όπως έχει αναφερθεί αποτελεί το ινοβλαστικό στάδιο, αρχίζει μόλις εμφανιστεί η φλεγμονώδης αντίδραση και συνεχίζεται για 4 με 6 εβδομάδες. Ξεκινά με τον σχηματισμό ουλώδους ιστού και συνεχίζεται με την αντικατάσταση του ινιδικού θρόμβου από κοκκιώδη ιστό. Στο στάδιο αυτό, αρχίζει και η αποκατάσταση της κινητικότητας των μυών, με δυσκολίες να εμφανίζονται κατά την αλλαγή θέσεως, στη βάδιση και σε πρότυπα κινήσεων που συνδέονται με το άθλημα με το οποίο ασχολείται ο συγκεκριμένος αθλητής. Όλα αυτά τα προβλήματα επιλύονται με το πρόγραμμα αποκατάστασης.

Το τρίτο και τελευταίο στάδιο της ωρίμανσης- επανασχεδιασμού, αρχίζει μόλις αυξάνεται η δύναμη διατασιμότητας του ουλώδους ιστού και μειώνεται στην περιοχή η ινοβλαστική δραστηριότητα. Στο στάδιο αυτό, η κινητοποίηση υπό έλεγχο βοηθά στη βελτίωση της

λειτουργίας και της δύναμης διατασιμότητας των ιστών της περιοχής. Η αίσθηση του πόνου πρέπει να είναι οδηγός για τον ρυθμό αύξησης της φόρτισης που θα εφαρμοστεί στους ιστούς, που θέλουμε να επαναδιατάξουμε. Για την νευρομυϊκή επανεκπαίδευση είναι απαραίτητη και η εξάσκηση, ανάλογα με το άθλημα του ασθενή (Kraemer, et al., 1998).

Η αποκατάσταση μιας αθλητικής κάκωσης πρέπει να ξεκινά από την πρώτη στιγμή που συμβαίνει και να συνεχίζει μέχρι πολύ αργότερα από την επιστροφή του αθλητή στο χώρο που αγωνίζεται. Συνήθως, η σφαιρική αντιμετώπιση γίνεται με διάφορες θεραπευτικές προσεγγίσεις που στόχο έχουν, όχι μόνο να αντιμετωπίσουν την οξεία κάκωση, αλλά και να επανεκπαιδεύσουν τον αθλητή, ώστε να μην του ξανασυμβεί η ίδια κάκωση (Dugan and Frontera, 2001).

Η αθλητιατρική αποκατάσταση στοχεύει στην όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ελάττωση της φλεγμονής, της βλάβης και γενικά του πόνου στην περιοχή της κάκωσης. Ακόμη, αποσκοπεί στην επούλωση, στην πρόληψη της μυϊκής ατροφίας ή στην ενδυνάμωση της μυϊκής ισχύος, στην διατήρηση και αν είναι δυνατόν στην αύξηση του εύρους της κίνησης και της αντοχής της επηρεαζόμενης άρθρωσης, στη διευκόλυνση της κινητικής ανάρρωσης και τέλος στην αποφυγή κακών κινητικών προτύπων που αποκτήθηκαν λόγω της κατάστασης (Young, 1994).

Θεραπεία έσω και έξω πλάγιου συνδέσμου: Για την αντιμετώπιση κακώσεων 1^{ου} και 2^{ου} βαθμού, συνήθως εφαρμόζεται συντηρητική θεραπεία, ενώ για του 3^{ου} βαθμού, που συνήθως συνοδεύεται από ρήξη πρόσθιου χιαστού συνδέσμου, χρειάζεται και χειρουργική αντιμετώπιση (Peterson and Renstrom, 1998).

Θεραπεία πρόσθιου και οπίσθιου χιαστού συνδέσμου: Όταν η ρήξη είναι μερική, συνήθως η θεραπεία που εφαρμόζεται είναι συντηρητική και συνδυάζεται με χρήση ειδικού κηδεμόνα για σταθεροποίηση του γόνατος. Το πρόγραμμα που εφαρμόζεται στοχεύει στην ελάττωση του οιδήματος, στην μείωση του πόνου και στην ισχυροποίηση των μυών που συγκρατούν την άρθρωση του γόνατος, κυρίως όμως του τετρακέφαλου. Όταν η ρήξη είναι ολική, τότε σίγουρα χρειάζεται χειρουργική αντιμετώπιση. Η πλήρης όμως επιτυχία στηρίζεται στο ότι ο ασθενής θα ακολουθήσει στην συνέχεια ειδικό πρόγραμμα αποκατάστασης, που μπορεί να διαρκέσει από 4 έως 6 μήνες, θα περιλαμβάνει ειδικές ασκήσεις και θα πραγματοποιείται σε κάποιο ειδικό κέντρο (Bahr and Maehlum, 2004).

Θεραπεία έσω και έξω μηνίσκου: Όταν η κάκωση είναι περιορισμένης έκτασης, κύριος στόχος αρχικά είναι η αντιμετώπιση των βασικών συμπτωμάτων και στη συνέχεια η ισχυροποίηση του μυϊκού συστήματος. Εάν οι κακώσεις του μηνίσκου είναι εκτεταμένες, τότε ο ειδικός γιατρός είτε θα επιλέξει την ορθοσκόπηση είτε το ανοιχτό χειρουργείο, για να

εκτιμήσει το μέγεθος της βλάβης και να την διορθώσει. Όμοια και στην περίπτωση αυτή, το μετεγχειρητικό πρόγραμμα αποκατάστασης παίζει πολύ σημαντικό ρόλο (Kibler and Herring, 1998).

Κεφάλαιο 3 – Σύγχρονες τεχνολογίες στην ηλεκτροδιέγερση

Εισαγωγή

Στις μέρες μας τα προγράμματα αποκατάστασης έχουν ενσωματωθεί στη φαρέτρα των θεραπευτικών παρεμβάσεων για τις αθλητικές κακώσεις. Η μεθοδολογία αυτών των προγραμμάτων και ο τρόπος που πρέπει να εφαρμόζονται, ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη αποδοτικότητα, αποτελεί πεδίο συνεχούς έρευνας τα τελευταία χρόνια. Ένα πρόγραμμα αποκατάστασης για να είναι αποτελεσματικό θα πρέπει να είναι ολοκληρωμένο και αποτέλεσμα συνδυασμού, συχνότητας, έντασης, διάρκειας, είδους και σταδιακής αύξησης του ρυθμού της προπόνησης.

3.1 Η ανάγκη για εξέλιξη του HNME

Οι συσκευές HNME που κυκλοφορούν, συνήθως παρέχουν ρεύμα έντασης μεταξύ 0 και 120 mA. Σε έναν υγιή μυ η ηλεκτρική ώση πρέπει να έχει διάρκεια σύντομη, ώστε να μην παρατηρηθεί εξοικείωση της μεμβράνης και δυσανεξία του ασθενούς, αλλά αρκετή ώστε να προκληθεί ορατή σύσπαση. Είναι γνωστό ότι η εφαρμογή ηλεκτρικής ώσης συνεχούς ρεύματος, που έχει διάρκεια από 0,1 μέχρι 1,0 msec, παράγει τη μέγιστη ανεκτή σύσπαση. Πολλές φορές επιλέγεται η αύξηση και η μείωση της έντασης του ρεύματος να γίνεται αργά, για να μη προκαλέσει δυσανεξία στον ασθενή. Μια άλλη δυνατότητα για την αποφυγή μυϊκού κάματος είναι η εφαρμογή διαδικασίας “on-off”, για να υπάρχουν μεσοδιαστήματα χαλάρωσης του μυός. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του HNME εξαρτώνται επίσης και από το ίδιο το άτομο (Hainaut and Duchateau, 1992; Lake, 1992).

Οι διακυμάνσεις όλων των παραμέτρων καθώς και οι συνδυασμοί τους αποτελούν αντικείμενο έρευνας των επιστημόνων, για την βελτίωση του τελικού αποτελέσματος και δημιουργούν την αναγκαιότητα συνεχούς εξέλιξης της τεχνολογίας HNME.

Στην εποχή μας είναι πλέον αδιαμφισβήτητη η αξία του HNME σαν συμπλήρωμα προγράμματος άσκησης σε αθλητές, αλλά και σε υγιείς ανθρώπους. Επίσης, η εφαρμογή του έχει αποδειχθεί πολύ χρήσιμη για την αποκατάσταση των προβλημάτων ασθενών με κινητικές δυσκολίες λόγω νευρομυϊκών παθήσεων και τραυματισμών. Συνεπώς, η αναζήτηση νέων τεχνολογιών, αλλά και η επέκταση του HNME σε ασθενείς οι οποίοι αδυνατούν να συμμετέχουν σε συμβατικά προγράμματα άσκησης, είναι προφανής.

Η επιστημονική κοινότητα διερευνά την αποτελεσματικότητα της μεθόδου σε ασθενείς με χρόνια καρδιακή ή αναπνευστική ανεπάρκεια. Τα μέχρι τώρα ευρήματα είναι ενθαρρυντικά. Τα προγράμματα HNME, που εφαρμόζονται σε πάσχοντες, έχουν σαν αποτέλεσμα να επιταχύνουν τη βελτίωση της κινητικότητας και να απομακρύνουν τον κίνδυνο χρόνιας κατάκλισης, με αποτέλεσμα το άτομο να επαναδραστηριοποιείται ταχύτατα. Υπό διερεύνηση βρίσκονται μελλοντικές χρήσεις του HNME και σε άλλες παθολογικές καταστάσεις όπως η παχυσαρκία, η φλεβική ανεπάρκεια, η διαλείπουσα χωλότητα και ο σακχαρώδης διαβήτης. Όλα τα παραπάνω αποτελούν λόγους για την συνέχιση της έρευνας και την εξέλιξη της τεχνολογίας του HNME.

3.2 Υφιστάμενη γνώση των νέων τεχνολογιών HNME

Η αποτελεσματικότητα και η ασφάλεια των εφαρμογών της HNME ως θεραπεία σε κατώσεις νευρολογικής προέλευσης έχει αποδειχτεί. Ωστόσο έχουν παρουσιαστεί ζητήματα ευχρηστίας. Μάλιστα σε μία έρευνα των Taylor et al., (1999) το 44% των χρηστών ανέφερε δυσκολίες στον εντοπισμό της σωστής θέσης του ηλεκτροδίου, γεγονός που είχε επιπτώσεις σε όλη την διαδικασία του προγράμματος αποκατάστασης. Η βέλτιστη περιοχή για διέγερση μπορεί να ποικίλει από μέρα σε μέρα, ακόμη και καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας, γεγονός που περιπλέκει ακόμη περισσότερο την εγκατάσταση των ηλεκτροδίων.

Σε απάντηση σε αυτό το ζήτημα έχουν δημιουργηθεί νέα συστήματα ηλεκτροδιέγερσης, τα οποία περιλαμβάνουν ηλεκτρόδια σαν «χειροπέδες» ή εμφυτεύσιμα συστήματα. Στη μελέτη τους οι Heller et al. (2013) χρησιμοποιούν την αρχή ενός εικονικού ηλεκτροδίου. Το σύστημα παρέχει ρεύμα μέσω ενός συμπλέγματος 4x4 μικρών ηλεκτροδίων, που επιλέγονται μέσα από μια 8x8 συστοιχία. Η επιλογή των εικονικών ηλεκτροδίων και του επιπέδου που χρησιμοποιούνται, καθορίζεται αυτόματα κατά την διάρκεια της εγκατάστασης από έναν αλγόριθμο, ο οποίος χρησιμοποιεί την απόκριση στη διέγερση ως παράμετρο. Αυτή η προσέγγιση αυτοματοποιεί πλήρως την διαδικασία εγκατάστασης, τόσο ως προς την θέση όσο και ως προς το πλάτος της διέγερσης, μειώνοντας δυνητικά τη δυσκολία εγκατάστασης. Στην μελέτη τους οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι η αυτοματοποιημένη εγκατάσταση ήταν εξίσου αποτελεσματική και πιο γρήγορη από ότι των συμβατικών HNME, στους οποίους η ρύθμιση γίνεται από τους ίδιους τους χρήστες.

Το σύστημα που αρχικά μελετήθηκε από τους Heller et al. αναπτύχθηκε περαιτέρω, ονομάζεται πλέον ShefStim και έχει πάρει την έγκριση της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την

υγεία, την ασφάλεια και τη νομοθεσία για την Προστασία του Περιβάλλοντος (Conformite European Marking).

Μια άλλη εφαρμογή του HNME, παρουσιάζεται στην εργασία των Guzman et al (2014) με τίτλο «Neuromuscular Electrical Stimulation of the Cricothyroid Muscle in Patients With Suspected Superior Laryngeal Nerve Weakness», δείχνει την εξέλιξη της σημερινής έρευνας γύρω από την ηλεκτροδιέγερση, κατά την οποία οι ερευνητές προσπαθούν να βελτιώσουν τα αποτελέσματα συνδυάζοντάς την με άλλες παραδοσιακές θεραπείες. Στην μελέτη οι συγγραφείς εφαρμόζουν τη μέθοδο της νευρομυϊκής ηλεκτρικής διέγερσης σε συνδυασμό με φωνητική θεραπεία (παραδοσιακές φωνητικές ασκήσεις) σε ασθενείς με υποψία αδυναμίας του άνω λαρυγγικού νεύρου. Οι ασθενείς που εφαρμόστηκε η νέα συνδυασμένη μέθοδος, παλαιότερα είχαν εφαρμόσει φωνητική θεραπεία και είτε είχαν αποτύχει είτε απλώς είχαν σταθεροποιήσει την κατάσταση τους. Όμως, με την προσθήκη του HNME στην θεραπεία παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στην ποιότητα φωνής, γεγονός που δίνει μια προοπτική ότι μπορεί η συνδυασμένη αυτή θεραπεία να είναι χρήσιμη και πιο αποτελεσματική.

Κεφάλαιο 4 – Εφαρμογές του ΗΝΜΕ στον αθλητισμό

Εισαγωγή

Κατά την εφαρμογή του ηλεκτρικού νευρομυϊκού ερεθισμού (ΗΝΜΕ) πραγματοποιείται μια μυϊκή συστολή που οφείλεται στον ηλεκτρικό ερεθισμό και εφαρμόζεται διαδερμικά πάνω στην επιφάνεια του μυός. Τα βασικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να ρυθμιστούν είναι:

- Η διάρκεια
- Η συχνότητα
- Η ένταση
- Ο κύκλος λειτουργίας

Ακόμη και αν παρουσιάζονται διαφορές μεταξύ των εκούσιων συστολών και αυτών που προκαλούνται από ΗΝΜΕ, οι συστολές που επιφέρει η εφαρμογή του ηλεκτρικού ρεύματος είναι προς την ίδια κατεύθυνση με αυτές που πραγματοποιούνται κατά την συμβατική άσκηση, την προπόνηση δύναμης ή την αερόβια άσκηση. Στα οξέα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή ΗΝΜΕ εντάσσονται οι επιδράσεις σε μεταβολικές και καρδιοαναπνευστικές παραμέτρους, στην αιματική ροή, στην ιστική οξυγόνωση και σε αναβολικές διαδικασίες, σε επίπεδο ορμονών ή μυών. Στα μακροχρόνια αποτελέσματα συγκαταλέγονται οι προσαρμογές στην μυϊκή δύναμη ή ισχύ, οι καρδιοαναπνευστικές προσαρμογές, οι προσαρμογές στον τύπο των μυϊκών ινών, στους μυϊκούς δομικούς και νευρικούς παράγοντες απόδοσης και στην ισορροπία.

Δεδομένου ότι η εφαρμογή ΗΝΜΕ δεν θεωρεί απαραίτητη προϋπόθεση την ενεργή συμμετοχή των ασθενών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποκατάσταση και βαριάς μορφής ασθενών. Συνεπώς, ο ΗΝΜΕ αποτελεί μια ανεκτή και ασφαλή μορφή άσκησης, κινητοποίησης και αποκατάστασης βαρέως πασχόντων ασθενών. Η ένταση του χρησιμοποιούμενου ρεύματος στις περισσότερες μελέτες έχει προσδιοριστεί στα ανώτατα ανεκτά επίπεδα, όπου προκαλείται ορατή σύσπαση χωρίς όμως ενόχληση του ασθενούς.

4.1 Πρακτική εφαρμογή του ΗΝΜΕ

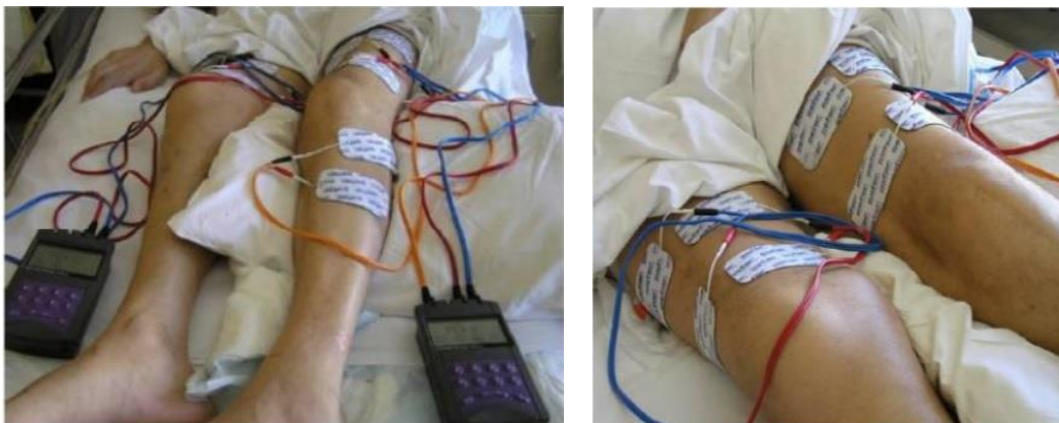
Τα ηλεκτρόδια που προκαλούν την ηλεκτροδιέγερση πρέπει να τοποθετηθούν σε περιοχή η οποία έχει προετοιμαστεί (αν χρειάζεται ξύρισμα και καλός καθαρισμός με γάζα εμποτισμένη σε αντισηπτικό). Τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται στα κινητικά σημεία της άρθρωσης (στην έσω και έξω κεφαλή του τετρακέφαλου μυός, στον μακρό περνιαίο μυ κ.ά.). Η γωνία η οποία σχηματίζεται στην άρθρωση του γόνατος θα πρέπει να είναι περίπου 30° με 40°, με μηδέν μοίρες να αντιστοιχούν στην ευθεία έκταση του γόνατος.

Η ρύθμιση της έντασης θα πρέπει να γίνεται ως εξής: κατά την έναρξη της συνεδρίας η ένταση θα πρέπει να φτάνει το μέγιστο ανεκτό σημείο για κάθε μυϊκή ομάδα, συνεχίζοντας να αυξάνεται 10% κάθε 15 λεπτά. Απαραίτητο, επίσης, είναι σε κάθε συνεδρία να καταγράφεται για κάθε μυϊκή ομάδα η ποιότητα των συστολών. Στον πίνακα 1 παρουσιάζεται μία κλίμακα για την ποιότητα συστολής, ενώ στην εικόνα 16 φαίνεται η τοποθέτηση ηλεκτροδίων σε διάφορες μυϊκές ομάδες στα κάτω άκρα (Νανάς, 2012).

Πίνακας 1: Κλίμακα για την ποιότητα συστολής

0	Καμία σύσπαση, ορατή ή ψηλαφητή
1	Ψηλαφητή σύσπαση, όχι ορατή
2	Ορατή σύσπαση, καμία κίνηση
3	Έντονη ορατή σύσπαση, καμία κίνηση
4	Κίνηση

(Πηγή: Νανάς, 2012)



Εικόνα 16: Τοποθέτηση ηλεκτροδίων στα κάτω άκρα (Πηγή: Νανάς, 2012)

4.2 Υφιστάμενη γνώση των εφαρμογών του HNME στον αθλητισμό

Στη συγκεκριμένη υποενότητα γίνεται μία βιβλιογραφική ανασκόπηση της υπάρχουσας ερευνητικής δουλειάς σχετικά με τις εφαρμογές του HNME σε αθλητικές κακώσεις.

Στην εργασία των Boisgontier et al., με τίτλο «Effects of neuromuscular electrical stimulation on the range of motion recovery in hand proximal interphalangeal sprain» που δημοσιεύθηκε στο περιοδικό «Science and Sports» το 2009, εφαρμόστηκε η μέθοδος νευρομυϊκής ηλεκτρικής διέγερσης σε άτομα που είχαν υποστεί διάστρεμμα στις φάλαγγες των δακτύλων και ειδικότερα στην μεσοφαλαγγική άρθρωση. Για την διεξαγωγή της έρευνας ο HNME εφαρμόστηκε σε 20 ασθενείς που συμμετείχαν εθελοντικά και μετρήθηκε με ένα γωνιόμετρο το εύρος της κίνησης πριν και μετά την θεραπεία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μέθοδος είναι αποτελεσματική, καθώς το εύρος της κίνησης των δακτύλων αυξήθηκε σημαντικά. Οι συγγραφείς προτείνουν την ενσωμάτωση της θεραπείας με HNME σε πρωτόκολλα αποκατάστασης.

Σε μια εργασία που δημοσιεύθηκε το 2015 των Lepley et al., με τίτλο «Combination of eccentric exercise and neuromuscular electrical stimulation to improve biomechanical limb symmetry after anterior cruciate ligament reconstruction», 36 ασθενείς οι οποίοι έπασχαν από ρήξη προσθίου χιαστού χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες θεραπείας. Στην πρώτη ομάδα εφαρμόστηκε HNME και πρόγραμμα ασκήσεων, στην δεύτερη μόνο πρόγραμμα ασκήσεων, στην τρίτη μόνο HNME και στην τέταρτη τους παρασχέθηκε η βασική ιατρική φροντίδα και αποτέλεσαν την κατηγορία «υγείων μαρτύρων». Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ένας συνδυασμός HNME και ειδικών ασκήσεων βοηθάει στην αποκατάσταση της συμμετρίας των άκρων και της ενδυνάμωσης του τετρακεφάλου.

Σε διάφορα αθλήματα έχει παρατηρηθεί ότι σε συγκεκριμένες περιόδους οι επαγγελματίες αθλητές διαθέτουν περιορισμένο χρόνο για ανάρρωση, γεγονός που τους εμποδίζει από το να ξεκουραστούν και ο οργανισμός να ανακάμψει. Γι' αυτό το λόγο οι Taylor, et al., στην εργασία τους με τίτλο «The impact of neuromuscular electrical stimulation on recovery after intensive, muscle damaging, maximal speed training in professional team sports player» που δημοσιεύθηκε στο περιοδικό «Journal of Science and Medicine in Sport» το 2015, εξέτασαν αν ο HNME μπορεί μέσα σε 24 ώρες να προσφέρει ανάκαμψη ύστερα από μια εντατική προπόνηση σε επαγγελματίες αθλητές. Στην έρευνα συμμετείχαν 28 επαγγελματίες παίκτες rugby και ποδοσφαίρου, που ολοκλήρωσαν αυτήν την τυχαιοποιημένη και αντισταθμισμένη μελέτη. Οι παίκτες ακολούθησαν ένα συγκεκριμένο πρόγραμμα ασκήσεων, μετά την ολοκλήρωση του οποίου τους έγιναν αιματολογικές εξετάσεις για μέτρηση των επιπέδων

γαλακτικού οξέος και κινάσης της κρεατίνης, ενώ λήφθηκε και δείγμα σάλιου για την μέτρηση της τεστοστερόνης και κορτιζόλης. Μετά από 7 ημέρες επαναλήφθηκε το ίδιο πρόγραμμα ασκήσεων, με το πέρας του όμως εφαρμόστηκε HNME και ξαναέγιναν οι εξετάσεις για να βρεθεί το επίπεδο κόπωσης τους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η εφαρμογή HNME βελτιώνει την ανάρρωση μετά από εντατική προπόνηση στους επαγγελματίες αθλητές.

Για να εκτιμηθεί η αποτελεσματικότητα εφαρμογής ενός προγράμματος HNME στην βελτίωση της αερόβιας γυμναστικής σε άτομα με κάκωση Νωτιαίου Μυελού (NM), οι Carty et al. το 2012 διεξήγαν μία έρευνα με τίτλο «Increased Aerobic Fitness After Neuromuscular Electrical Stimulation Training in Adults With Spinal Cord Injury» όπου έλαβαν μέρος 16 εθελοντές με πρόβλημα κάκωσης του NM. Από αυτούς 2 αποκλείστηκαν και ολοκλήρωσαν το πρόγραμμα 11 άνδρες και 3 γυναίκες. Στους συμμετέχοντες τοποθετήθηκαν στους τετρακέφαλους 4 ηλεκτρόδια μιας συσκευής νευρομυϊκής διέγερσης (175cm²) και προκλήθηκαν συστολές. Η διαδικασία εκπαίδευσης διήρκησε 8 εβδομάδες και εφαρμοζόταν 1 ώρα για 5 μέρες την εβδομάδα. Τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξαν οι ερευνητές ήταν ότι η συγκεκριμένη εφαρμογή του HNME αποτελεί μια αποτελεσματική μέθοδο βελτίωσης της αερόβιας γυμναστικής σε άτομα με κάκωση του NM. Χαρακτηριστικό είναι ότι το πρόγραμμα ακολουθήθηκε πιστά από όλους τους συμμετέχοντες, γεγονός που ενδεχομένως να οφείλεται στην ευκολία χρήσης της συγκεκριμένης εφαρμογής.

Κεφάλαιο 5 – Πρωτόκολλα

Εισαγωγή

Το να συμμετέχει κανείς σε αθλητικές δραστηριότητες είναι τρόπος ζωής. Κατά την άθληση πάντα υπάρχει κίνδυνος τραυματισμού, ο οποίος μάλιστα αυξάνεται ανάλογα με το επίπεδο του αθλητή. Οι σύγχρονες αθλητικές δραστηριότητες συχνά δημιουργούν ορθοπεδικές παθήσεις και κακώσεις. Για την επίλυση τέτοιων προβλημάτων η λύση είναι η παροχή σύγχρονων τρόπων αξιολόγησης και θεραπείας με σκοπό την επίτευξη της ομαλής και ασφαλούς επανένταξης των αθλητών στις προηγούμενες δραστηριότητες τους. Στις περιπτώσεις, κυρίως, μετεγχειρητικής αποκατάστασης ακολουθούνται διεθνή πρωτόκολλα και επιδιώκεται η ανελλιπής και επιστημονική συνεργασία με τον ειδικό θεράποντα ιατρό.

Με τον όρο *κλινικά πρωτόκολλα* νοούνται τα σύνολα προτάσεων και προτροπών που στοχεύουν να βοηθήσουν τον γιατρό, αλλά και τον ίδιο τον ασθενή, να λάβει τις καλύτερες αποφάσεις σχετικά με την παρεχόμενη ιατρική περίθαλψη. Αποτελούν μια καινοτομία, η οποία θεωρείται από τους πιο πολλούς επαγγελματίες υγείας ένα χρήσιμο εργαλείο στην καθημερινή κλινική πρακτική για λήψη βέλτιστων αποφάσεων (Eddy, 1990; Grimshaw et al., 2006).

5.1 Πρωτόκολλα εφαρμογής ΗΝΜΕ στις αθλητικές κακώσεις

Τα περισσότερα πρωτόκολλα αποκατάστασης αθλητικών κακώσεων εφαρμόζουν τον ΗΝΜΕ ως ένα στάδιο/ βήμα της όλης διαδικασίας. Παράδειγμα ενός τέτοιου πρωτοκόλλου αποτελεί το παρακάτω, που αναφέρεται στην αποκατάσταση του προσθίου χιαστού συνδέσμου μετά από συνδεσμοπλαστική.

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΣΥΝΔΕΣΜΟΠΛΑΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΘΙΟΥ ΧΙΑΣΤΟΥ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥ ΜΕ ΜΟΣΧΕΥΜΑ

0-1η ΕΒΔΟΜΑΔΑ

- Εφαρμογή ελαστικού αντιθρομβωτικού μονοκαλσόν.
- Τοποθέτηση λειτουργικού νάρθηκα κλειδωμένο (προαιρετικά) σε πλήρη έκταση και χρήση του έως

και 6 εβδομάδες μετά.

- Βάδιση με βακτηρίες και μερική φόρτιση σκέλους (έως και 30% του βάρους του ασθενούς)
- Ισομετρικές συσπάσεις τετρακέφαλου και άρση του χειρουργημένου σκέλους με το γόνατο σε έκταση
- Ισομετρικές ασκήσεις τετρακέφαλου, οπισθίων μηριαίων, απαγωγών-προσαγωγών
- Ισομετρικές συσπάσεις οπισθίων μηριαίων
- Ασκήσεις κάμψης-έκτασης ποδοκνημικής
- Κινητοποίηση επιγονατίδας
- Συνεχής παθητική κινητοποίηση CPM (όσο είναι ανεκτό)
- Εφαρμογή πάγου για 20 λεπτά κάθε μία ώρα για τις 2 πρώτες μετεγχειρητικές ημέρες

1-2η ΕΒΔΟΜΑΔΑ

- Ξεκλείδωμα του λειτουργικού νάρθηκα από 0 μοίρες έκταση έως και 90 μοίρες κάμψη
- Ισομετρικές ασκήσεις απαγωγών-προσαγωγών με ταυτόχρονη σύσπαση τετρακέφαλου με τεντωμένο γόνατο
- Συσπάσεις οπισθίων μηριαίων με ελαφρά κάμψη του γόνατος και πίεση της πτέρνας στο κρεβάτι
- Συνέχιση των ασκήσεων κάμψης-έκτασης γόνατος
- Εφαρμογή πάγου μετά το πέρας των ασκήσεων
- Αφαίρεση ραμμάτων με το πέρας της δεύτερης εβδομάδος

3-6η ΕΒΔΟΜΑΔΑ

- Ξεκλείδωμα του νάρθηκα σε ελεύθερη κίνηση (από 3η εβδομάδα και μετά) και αφαίρεσή του την 6η εβδομάδα
- Ασκήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας (squat) έως 90 μοίρες (λίγες επαναλήψεις)
- Σταδιακή αύξηση του βάρους-φόρτιση και βάδιση με μία πατερίτσα (από την 3η εβδομάδα) και επίτευξη πλήρους φόρτισης κατά τη βάδιση (χωρίς βακτηρίες) έως την 6η εβδομάδα
- Αφαίρεση του αντιθρομβωτικού μονοκαλσόν
- Βάδιση με κοντό αργό βήμα, ώστε να μην κουτσαίνουμε
- Προοδευτική κάμψη του γόνατος πέραν των 90 μοιρών και επίτευξη πλήρους έκτασης
- Συνέχιση ασκήσεων κλειστής κινητικής αλυσίδας (squat) και ασκήσεων τετρακέφαλου, οπισθίων μηριαίων, απαγωγών-προσαγωγών
- Έναρξη συνεδριών φυσικοθεραπείας
- Εφαρμογή υπέρηχων
- Χρήση laser

- Εφαρμογή ΗΝΜΕ
- Χρήση electrical muscle stimulation και electromyogram biofeedback παράλληλα με τις ασκήσεις ενδυνάμωσης

7-12η ΕΒΔΟΜΑΔΑ

- Επίτευξη κάμψης σε όλο το εύρος της τροχιάς
- Έναρξη ασκήσεων στο γυμναστήριο
- Έναρξη στατικού ποδηλάτου με τη σέλα ψηλά και ασκήσεων leg presses
- Σήκωμα και κάθισμα από καρέκλα (step-up) ή χαμηλό step
- Έναρξη ασκήσεων ιδιοδεκτικότητας και ισορροπίας
- Έναρξη ισοτονικών ασκήσεων τετρακέφαλου ανοικτής κινητικής αλυσίδας (κίνηση της άρθρωσης) (8η εβδομάδα). Αρχικά με τα δύο πόδια με σταδιακή αύξηση της αντίστασης και κατόπιν με κάθε πόδι ξεχωριστά
- Έναρξη ήπιου ευθύγραμμου τρεξίματος (12η εβδομάδα)

4-6ος ΜΗΝΑΣ

- Έναρξη πρόσθιου και οπίσθιου τρεξίματος, κοψίματα, νευρομυϊκή επανεκπαίδευση
- Ενδυνάμωση όλων των μυϊκών ομάδων γύρω από το γόνατο με προοδευτική αύξηση βάρους, ανάλογα με τις δυνατότητες του ασθενή
- Κολύμβηση (4ος μήνας)
- Σταδιακή επιστροφή στις αθλητικές δραστηριότητες από τον 6ο μήνα και έπειτα
- Εξατομίκευση του προγράμματος όσον αφορά το χρόνο, τη διάρκεια και την ένταση των ασκήσεων, ανάλογα με τον ασθενή.

5.2 Πρωτόκολλα εφαρμογής ΗΝΜΕ

Ο ηλεκτρικός νευρομυϊκός ερεθισμός (ΗΝΜΕ) αποτελεί ένα μη-επεμβατικό φυσικό μέσο, που εφαρμόζεται στην αντιμετώπιση επώδυνων καταστάσεων κατά την κλινική άσκηση εδώ και 35 χρόνια. Για την αποτελεσματική χρήση του ΗΝΜΕ πολύ σημαντικό ρόλο παίζει η επιλογή της κατάλληλης δοσολογίας. Η θεραπεία με ΗΝΜΕ περιλαμβάνει διάφορες παραμέτρους όπως: η διάρκεια παλμού, η συχνότητα, η ένταση, το σημείο εφαρμογής, η διάρκεια θεραπείας και το μέγεθος ηλεκτροδίων. Οι παραπάνω παράμετροι φαίνεται να παίζουν σημαντικό ρόλο στην αναλγησία. Οι περισσότερες έρευνες σχετικές με την εφαρμογή πρωτοκόλλων ΗΝΜΕ συνήθως διερευνούν τις παραμέτρους αυτές.

Αν και υπάρχουν έρευνες που αποδεικνύουν ότι οι μεγάλες συχνότητες γενικά επιφέρουν θετικότερα αποτελέσματα από τις χαμηλές (Walsh, et al., 1995; De Tommaso, et al., 2003), τα συμπεράσματα μιας πρόσφατης έρευνας, που αναφέρεται στην πρόκληση πειραματικού πόνου σε υγιείς ανθρώπους, δείχνουν ότι η συχνότητα του HNME από μόνη της ως παράμετρος δεν αποτελεί παράγοντα καθοριστικό για την πρόκληση αναλγησίας (Chen, et al., 2008).

Η εφαρμογή του HNME κοντά στο σημείο πόνου χρησιμοποιείται κυρίως στην κλινική άσκηση και εξαρτάται από την κατάσταση που πρόκειται να θεραπευτεί και από τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου ασθενή (Walsh, 1996). Ακόμη, διάφορες μελέτες φυσιολογίας για τον HNME αναφέρουν ότι ο καλύτερος τρόπος για να προκληθεί αναλγησία είναι να διεγείρονται τα περιφερικά νεύρα που γειτονεύουν με την πηγή του πόνου (Chung, et al., 1984). Άλλες έρευνες δείχνουν ότι η ένταση παίζει σημαντικό ρόλο και αξίζει να διερευνηθεί κυρίως όταν εφαρμόζονται ρεύματα χαμηλής συχνότητας. Τα χαμηλά ρεύματα (2-4Hz, 150-250ms), όταν εφαρμόζονται μπορούν να προκαλέσουν ορατές μυϊκές συσπάσεις και παρατηρείται ευρεία αναλγησία που διαρκεί και μετά τη διέγερση. Μια τέτοια μορφή αναλγησίας χρειάζεται όταν πρόκειται να αντιμετωπιστούν καταστάσεις με πολλαπλές εστίες πόνου ή με μορφές πόνου που δεν είναι εντοπισμένες (Johnson, 1998).

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα παραδείγματα διερεύνησης εφαρμογής HNME για βελτιστοποίηση πρωτοκόλλου.

Στο πρώτο παράδειγμα παρουσιάζεται η εργασία των Λαζάρου Λ., Κίτσιου Α., Λαζάρου Ι., Σικαρά Ε., και Τράμπα Α., με τίτλο «Επίδραση της έντασης του Διαδερμικού Ηλεκτρικού Νευρικού Ερεθισμού (TENS) στο κατώτατο όριο πόνου και την αρτηριακή πίεση υγιών ανθρώπων. Μια τυχαίοποιημένη, διπλής τυφλότητας, εικονική, ελεγχόμενη μελέτη». Το άρθρο έχει δημοσιευθεί το έτος 2009 στο περιοδικό *Clinical Journal of Pain*, στον τόμο 25. Η έρευνα αφορά την εφαρμογή διαφορετικών εντάσεων διαδερμικού ηλεκτρικού νευρικού ερεθισμού (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation -TENS) στο κατώτατο όριο πόνου (ΚΟΠ) και την αρτηριακή πίεση (ΑΠ) υγιών ανθρώπων. Συγκεκριμένα, στόχος της εργασίας είναι να συγκρίνει και να εξάγει συμπεράσματα σχετικά με τις επιδράσεις δύο διαφορετικών εντάσεων του TENS (χαμηλό και υψηλό) στο ΚΟΠ και την ΑΠ. Το κλινικό ερώτημα που διαπραγματεύεται η εργασία είναι αν ο διαδερμικός ηλεκτρικός νευρικός ερεθισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη μείωση της αρτηριακής πίεσης.

Κατά την μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε 40 εθελοντές χωρίστηκαν τυχαία σε τέσσερις ομάδες, στρωματοποιημένες ως προς το φύλλο. Οι ομάδες ήταν οι εξής: 1) Υψηλής έντασης HNME (μέχρι το ανώτατο όριο αντοχής, χωρίς πόνο), 2) Χαμηλής έντασης TENS

(δυνατή αλλά άνετη), 3) Εικονικό (placebo) ΗΝΜΕ και 4) Ελέγχου. Το δείγμα αποτελούνταν από 20 άντρες και 20 γυναίκες.

Στα άτομα του δείγματος εφαρμόστηκε για 30 λεπτά TENS, κατά μήκος του επιπολής κερκιδικού νεύρου, στο κυρίαρχο χέρι των συμμετεχόντων. Μετρήσεις πάρθηκαν για τις παρακάτω εξαρτημένες μεταβλητές: το κατώτατο όριο πόνου (ΚΟΠ), η συστολική αρτηριακή πίεση (ΣΑΠ) και η διαστολική αρτηριακή πίεση (ΔΑΠ). Οι μετρήσεις αυτές έγιναν πριν από την εφαρμογή του ΗΝΜΕ και σε τακτά χρονικά διαστήματα κατά την εφαρμογή του TENS. Οι μετρήσεις αυτές αναλύθηκαν με χρήση ανάλυσης διασποράς με ένα παράγοντα και για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (one way ANOVA).

Βάσει της συζήτησης που περιλαμβάνεται στην εργασία, γίνεται αντιληπτό ότι πολλοί ερευνητές ασχολήθηκαν με το συγκεκριμένο θέμα. Οι διαφοροποιήσεις που καταγράφονται από τους συγγραφείς, εντοπίζονται στους διαφορετικούς συνδυασμούς έντασης του ΗΝΜΕ και συχνότητας. Η παρούσα έρευνα εφαρμόζει ένα συνδυασμό ΗΝΜΕ και συχνότητας διαφορετικό από τους ήδη καταγεγραμμένους, αλλά τα αποτελέσματα στα οποία καταλήγει επιβεβαιώνουν τα υπάρχοντα. Η απάντηση στην βασική κλινική ερώτηση είναι ότι το ΗΝΜΕ (2Hz) δεν προκαλεί σημαντικά αποτελέσματα στην ΑΠ υγιών ατόμων.

Ουσιαστικά, οι ερευνητές επιλέγουν ένα διαφορετικό συνδυασμό (ένταση TENS και συχνότητα), που δεν είχε επιλεγεί ως τώρα και τον εφαρμόζουν σε ένα σωστά τυχαίο δείγμα. Το αποτέλεσμα, όμως, στο οποίο καταλήγουν δεν μπορεί να γενικευθεί, καθώς υπήρχαν περιορισμοί στην έρευνα που επηρεάζουν το αποτέλεσμα.

Κεφάλαιο 6 – Συζήτηση - Συμπεράσματα

Οι αθλητικές κακώσεις γενικά επηρεάζουν αρνητικά τη σωματική, αλλά και την ψυχική υγεία του αθλητή. Ανακόπτον το πρόγραμμα ασκήσεων του με συνέπειες που αγγίζουν και την ομάδα όπου ανήκει, ενώ πολλές φορές απαιτείται μεγάλο χρονικό διάστημα έως ότου ο αθλητής επανέλθει στο επίπεδο αθλητικής δραστηριότητας που βρισκόταν προτού υποστεί την κάκωση. Βέβαια ο καλύτερος τρόπος αντιμετώπισης μιας αθλητικής κάκωσης είναι η πρόληψή της.

Ο ηλεκτρικός νευρομυϊκός ερεθισμός αποτελεί μια συντηρητική θεραπευτική μέθοδο, η οποία με τη βοήθεια ηλεκτροδίων και τη διοχέτευση ρεύματος διεγείρει το μυ στοχεύοντας στην αποκατάσταση ή αποθεραπεία αθλητικών κακώσεων και όχι μόνο. Η εφαρμογή της εστιάζει, κυρίως, στην ανακούφιση από τον πόνο, την αποθεραπεία, την αποκατάσταση της κινητικής λειτουργίας του μέρους που έχει υποστεί την κάκωση και την προσαρμογή του ασθενούς σε δυσλειτουργίες που προκύπτουν ύστερα από μερική ανάρρωση. Ο ΗΝΜΕ είναι μια νέα σχετικά μέθοδος η οποία εφαρμόζεται εδώ και μερικές δεκαετίες.

Στην σύγχρονη εποχή, η τεκμηριωμένη γνώση της εφαρμογής της έχει εδραιωθεί από διάφορες επιστημονικές μελέτες, που οι περισσότερες επιβεβαιώνουν την αποτελεσματικότητά της. Τα συμπεράσματα αυτών των επιστημονικών ερευνών οδηγούν στη σύνταξη συγκεκριμένων πρωτοκόλλων για την επίτευξη βέλτιστων αποτελεσμάτων και την βελτίωση της τεχνολογίας του ΗΝΜΕ.

Η παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση καταλήγει στα εξής συμπεράσματα:

- Η μέθοδος ΗΝΜΕ εφαρμόζεται σε πολλές ιατρικές παθήσεις με θετικά αποτελέσματα.
- Τα αποτελέσματα εφαρμογής της είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικά στην αποκατάσταση αθλητικών κακώσεων.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον αθλητισμό και ως μέσον αποθεραπείας.
- Είναι μία εξελισσόμενη μέθοδος με την οποία ασχολείται η επιστημονική κοινότητα, προσπαθώντας να βελτιώσει τα αποτελέσματά της.
- Γίνονται προσπάθειες δημιουργίας νέων τεχνολογιών ΗΝΜΕ, όπως επίσης και συνδυασμού της μεθόδου με άλλες παραδοσιακές θεραπείες.
- Η επιστημονική κοινότητα εργάζεται για την σύνταξη πρωτοκόλλων ΗΝΜΕ, που θα βοηθήσουν στην καλύτερη εφαρμογή της μεθόδου.

- Η έρευνα γύρω από τον ΗΝΜΕ επικεντρώνεται στην εύρεση του καλύτερου συνδυασμού έντασης, μήκους ηλεκτροδίων, διάρκεια θεραπείας και σημείου εφαρμογής, που σε κάθε περίπτωση ξεχωριστά θα έχει τα καλύτερα αποτελέσματα στην αποκατάσταση της πάθησης του ασθενούς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αμπατζίδης, Γ., 2000. *Αθλητικές κακώσεις*. University Studio Press. Θεσσαλονίκη.
2. Almekinders, LC. (1993). Anti-inflammatory treatment of muscular injury in sports. *Sports Med.* 15:139-45.
3. American Thoracic Society and European Respiratory Society Statement (ATS/ERS). 1999. Skeletal muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* . 159(Suppl):1–40.
4. Banerjee, P., Clark, A., Witte, K., Crowe, L. (2005). Caulfield B. Electrical stimulation of unloaded muscles causes cardiovascular exercise by increasing oxygen demand. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 12:503–508.
5. Bahr, R. and Maehlum, S. eds. (2004). *Clinical Guide to Sports Injuries*. Oslo: Gazette Bok.
6. Behm, DG., Bambury, A., Cahill, F. and Power, K., 2004. Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time. *Med Sci Sports Exerc.* 36: 1397–1402
7. Bellemare, F., Woods, JJ., Johansson, R. and Bigland-Ritchie, B., 1983. Motor-unit discharge rates in maximal voluntary contractions of three human muscles. *J Neurophysiol* 1983, 50:1380–1392.
8. Bigland-Ritchie, B., Jones, DA. and Woods, JJ., 1979. Excitation frequency and muscle fatigue: Electrical responses during human voluntary and stimulated contractions. *Exp Neurol*, 64:414–427.
9. Boisgontier, M., Vuillerme, N., Thomas, D., Pinsault, N., Emprin, M. and Caillat-Miousse, J-L., 2009. Effects of neuromuscular electrical stimulation on the range of motion recovery in hand proximal interphalangeal sprain. *Science and Sports.* 24: 192-195.
10. Bradford, S., 2000. *Common Sports Injuries*. In R. Rakel (Ed.), *Conn's Current*.
11. Bradley, PS., Olsen, PD. and Portas, MD. 2007. The effect of static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. *J Strength Cond Res.* 21:223–228.
12. Carty, A., McCormack, Kr., Garrett, F., Crowe, L. and Caulfield, B., 2012. Increased Aerobic Fitness After Neuromuscular Electrical Stimulation Training in Adults With Spinal Cord Injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 93: 790-795.

13. Chen, CC., Tabasam, G. and Johnson, MI., 2008. Does the pulse frequency of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) influence hypoalgesia? A systematic review of studies using experimental pain and healthy human participants. *Physiotherapy*. 94: 11–20
14. Chung, JM., Lee, KH., Hori, Y., et al., 1984 Factors influencing peripheral nerve stimulation produced inhibition of primate spinothalamic tract cells. *Pain*. 19: 277–293.
15. Cilia, R., Landi, A., Vergani, F., Sganzerla, E., Pezzoli, G. and Antoni, A., 2007. Extradural motor cortex stimulation in Parkinson's disease. *Mov Disord*. 22:111–114.
16. Clamann, HP., Gillies, JD., Skinner, RD. and Henneman, E., 1974. Quantitative measures of a motoneuron pool during monosynaptic reflexes. *J Neurophysiol*. 37:1328–1337.
17. Currie, P. and Mann, R., 1983. Muscular strength development by electrical stimulation in healthy individuals. *Phys Ther Vol*. 63:915–921.
18. De Tommaso, M., Fiore, P., Camporeale, A., et al. 2003. High and low frequency transcutaneous electrical nerve stimulation inhibits nociceptive responses induced by CO2 laser stimulation in humans. *Neurosci Lett*. 342: 17–20
19. De Jonghe, B., Sharshar, T., Lefaucheur, JP., Authier, FJ., Durand-Zaleski, I., Boussarsar, M., et al., 2002. Paresis acquired in the intensive care unit: A prospective multicenter study. *JAMA*. 288:2859–2867.
20. Drexler, H., Hayoz, D., Munzel, T. and Hornig, B., 1992. Just H, Brunner H et al . Endothelial function in chronic congestive heart failure. *Am J Cardiol*. 69:596–1601.
21. Dugan, S., Frontera, W.R., (2001). Rehabilitation in Sports Medicine. FIMS Team Physician Manual. 8: 162-186.
22. Eddy, D. (1990). Practice policies: Where do they come from? *JAMA*. 264:1533–1534.
23. Faghri, F., Votto, J. and Hovorka, F. (1998). Venous hemodynamics of the lower extremities in response to electrical stimulation. *Arch Phys Med Rehabil*. 79:842–848.
24. Feros, A., Warren, BY., Anthony, JR. and Scott, WT., 2012. The Effect of Including a Series of Isometric Conditioning Contractions to the Rowing Warm Up on 1,000m Rowing Ergometer Time Trial Performance. *J Strength Cond Res*. 26(12):3326–3334.
25. Fowles, JR., Sale DG. and MacDougall, JD. 2000. Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors. *J Appl Physio*. 189:1179–1188.
26. French, DN., Kraemer, WJ. and Cooke, CB., 2003. Changes in Dynamic Exercise Performance Following a Sequence of Preconditioning Isometric Muscle Actions. *J Strength Cond Res*. 17(4):678 – 685.

27. Grimshaw, J., Eccles, M., Thomas, R., McLennan, G., Ramsay, C., Fraser, C. et al. (2006). Toward evidence-based quality improvement: Evidence (and its limitations) of the effectiveness of guideline dissemination and implementation strategies 1966–1998. *J Gen Intern Med.* 21:S14–S20.
28. Guzman, M., Rubin, A., Cox, P., Landini, F. and Jackson-Menaldi C., 2014. Neuromuscular Electrical Stimulation of the Cricothyroid Muscle in Patients With Suspected Superior Laryngeal Nerve Weakness. *The Voice Foundation.* 216-225.
29. Guiton, AC. and Hall, JE., 1998. Η διέγερση των σκελετικών μυών: Α. Νευρομυϊκή μεταβίβαση. Β. Σύζευξη διέγερσης-συστολής. Στο: Guiton and Hall. *Κλινική φυσιολογία*. 9η έκδοση. Επιστημονικές εκδόσεις Παρισιάνου, Αθήνα, 103–111.
30. Gullich, A. and Schmidtbleicher, D. 1996. MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *New Stud Athl.* 11:67–81.
31. Hainaut, K. and Duchateau, J. (1992). Neuromuscular electrical stimulation and voluntary exercise: *Sports Med.* 14:100–113.
32. Hamada, T., Hayashi, T., Kimura, T., Nakao, K. and Moritany, T., 2004. Electrical stimulation of human lower extremities enhances energy consumption, carbohydrate oxidation and whole body glucose uptake. *J Appl Physiol.* 96:911–916.
33. Heidt, Jr.R., Sweeterman, L.M., Carlonas, R.L., Traub, J.A., & Tekulve, F.X., 2000. Avoidance of soccer injuries with preseason conditioning. *American Journal of Sports Medicine*, 28, 659- 662.
34. Heller, B.W., Clarke, A.J., Good, T.R., et al., 2013. Automated setup of functional electrical stimulation for drop foot using a novel 64 channel prototype stimulator and electrode array: results from a gait-lab based study. *Med Eng Phys.* 35:74-81.
35. Henneman, E., Somjen, G. and Carpenter, DO., 1965. Functional significance of cell size in spinal motoneurons. *J Neurophysiol.* 28:560–580.
36. Iwasaki, T., Shiba, N., Mats, H., Nago, T., Umezu, Y., Tagawa, Y., etal. 2006, Improvement in knee extension training by means of combined electrical stimulation and voluntary muscle contraction. *Tohoku J Exp Med.* 209:33–40.
37. Inklaar, H., 1994. Soccer injuries. Part II: Aetiology and prevention. *Sports Medicine*, 18, 81-93.
38. Janssen, T. and Hopman, M. (2003). Blood flow response to electrically induced twitch and tetanic lower-limb muscle contractions. *Arch Phys Med Rehabil.* 84:982–987.
39. Johnson, MI., 1998. Acupuncture-like transcutaneous electrical nerve stimulation (AL-TENS) in the management of pain. *Phys Ther Rev.* 3: 73–93.

40. Jones, DA., Bigland-Ritchie, B. and Edwards, RH., 1979. Excitation frequency and muscle fatigue: Mechanical responses during voluntary contractions. *Exp Neurol*, 64:401–413.
41. Καραλοϊζου, Λ., Αθλητικές κακώσεις – Αθλητιατρική, [online] Διαθέσιμο από: <http://www.athlitikeskakwseis.gr/> [Πρόσβαση 10 Σεπτεμβρίου 2015].
42. Kibler, WB. and Herring, SA. (1998). Press JM eds. *Functional Rehabilitation of Sports and Musculoskeletal Injuries*. Gaithersburg: Aspen Publications.
43. Koplan, J., Siscovick, D., & Goldbaum, G., 1985. The Risks of Exercise. *Public Health Report*, 100, 189-195.
44. Kraemer, WJ., Duncan, ND. and Volek, JS. (1998). Resistance training and elite athletes: adaptations and program considerations. *J Orthop Sports Phys Ther*. 28:110-117.
45. Λαζάρου Λ., Κίτσιου Α., Λαζάρου Ι., Σικαρά Ε., και Τράμπα Α., 2009. Επίδραση της έντασης του Διαδερμικού Ηλεκτρικού Νευρικού Ερεθισμού (TENS) στο κατώτατο όριο πόνου και την αρτηριακή πίεση υγιών ανθρώπων. Μια τυχαιοποιημένη, διπλής τυφλότητας, εικονική, ελεγχόμενη μελέτη. *Clinical Journal of Pain*. 25:773-780.
46. Lake, D. (1992). Neuromuscular electrical stimulation. An overview of its application in sport injuries. *Sports Med*. 13:320–336.
47. Lepley, L.K., Wojtys, E.M., Palmieri-Smith, R.M., 2015. Combination of eccentric exercise and neuromuscular electrical stimulation to improve biomechanical limb symmetry after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clinical Biomechanics*. 30: 738-747.
48. Lexell, I, Henriksson-Larsen, K. and Sjostrom, M., 1983. Distribution of different fiber types in human skeletal muscles. *Acta Physiol Scand*, 117:115–122.
49. Μπούχλα, Α., Καρατζάνος, Ε., Γεροβασίλη, Β., Ζέρβα, Ε. και Νανάς, Σ. 2009. Ηλεκτρικός νευρομυϊκός ερεθισμός ως εναλλακτική μορφή άσκησης στους βαρέως πάσχοντες. *Αρχεία Ελληνικής Ιατρικής*, 26(6), Νοέμβριος-Δεκέμβριος 2009, 759-777.
50. Mancini, DM., Walter, G., Reichel, N., Lenkiski, R., McCully, KK., Mullen, JL, et al., 1992. Contribution of skeletal muscle atrophy to exercise intolerance and altered muscle metabolism in heart failure. *Circulation*. 85:1364–1373.
51. Markovic, G. and Mikulic, P. 2010. Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Med*. 40: 859–895
52. Mayr, W., Richter, W. and Stohr, H., 1999. Standing up with denervated muscles in humans using functional electrical stimulation. *Artif Organs*. 23:447– 452.

53. McClurg, D., Ashe, RG. and Lowe-Strong, AS., 2008. Neuromuscular electrical stimulation and the treatment of lower urinary tract dysfunction in multiple sclerosis – A double-blind, placebo controlled, randomized clinical trial. *Neurol Urodyn.* 27:231–237.
54. McNeil, C., Murray, B. and Rice, C. (2006). Differential changes in muscle oxygenation between voluntary and stimulated isometric fatigue of human dorsiflexors. *J Appl Physiol.* 100:890–895.
55. Mc Latchie, G.R., 1993. *Essentials of sports medicine.* London: Churchill Livingstone.
56. Νάνας, Σ. 2012. Τηλε-αποκατάσταση – Αποκατάσταση ασθενών στη κοινότητα με τηλεϊατρική υποστήριξη. *Ελληνική εταιρία εργοσπιρομετρίας αποκατάστασης.* 7.
57. Moloney-Clarke, M., Lyons, GM., Breen, P., Burke, PE. and Grace, PA., 2006. Haemodynamic study examining the response of venous blood flow to electrical stimulation of the gastrocnemius muscle in patients with chronic venous disease. *Eur J Vasc Surg.* 31:300–305.
58. McMillian D, Moore J, Hatler B and Taylor D. (2006) Dynamic vs. static stretching warm-up: the effect on power and agility performance. *J Strength Cond Res.* 20:492–499.
59. Njororai, W.W., 1994. Administration of first-aid and prevention of injuries in Kenyan soccer. *East African Medical Journal,* 71, 724-726.
60. Olsen, L., Scanlan, A., MacKay, M., Babul, S., Reid, D., Clark, M., et al., 2004. Strategies for prevention of soccer related injuries: a systematic review. *Br. J. Sports,* 38, 89-94.
61. Onders, R., Elmo, M. and Ignagni, A., 2007. Diaphragm pacing stimulation system for tetraplegia in individuals injured during childhood or adolescence. *J Spinal Cord Med.* 30:25–29.
62. Παπαδόπουλος, Δ., Κήλη Μεσοσπονδυλίου δίσκου οσφυϊκής μοίρας σπονδυλικής στήλης, [online] Διαθέσιμο από: <http://www.e-algos.com/gr/> [Πρόσβαση 21 Σεπτεμβρίου 2015].
63. Peterson, L. and Renstrom, P. (1998). *Sports Injuries, their prevention and treatment.* London: Martin Dunitz Publications.
64. Power, K., Behm, D., Cahill, F. et al., 2004. An acute bout of static stretching: effects on force and jumping performance. *Med Sci Sports Exerc.* 36:1389–1396.

65. Robinson A., 2008. Physiology of muscle and nerve. In: Robinson A, Snyder-Mackler L (eds) *Clinical electrophysiology*. 3rd ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 71–106.
66. Ryan, EJ. and Stone, JA. (1991). Specific approaches to rehabilitation of athletic injury. In: Grana WA, Kalenak A eds: *Clinical Sports Medicine*. Philadelphia: WB Saunders. 255-263.
67. Sacco, P., McIntyre, DB. and Jones, DA., 1994. Effects of length and stimulation frequency on fatigue of the human anterior tibialis muscle. *J Appl Physiol*, 77:1148–1154.
68. Sale, DG., 2002. Postactivation potentiation: Role in human performance. *Exerc Sport Sci Rev*. 30:138–143.
69. Sayers, A., Farley, R., Fuller, D., Jubenville, C., and Caputo, J., 2008. The effect of static stretching on phases of sprint performance in elite soccer players. *J Strength Cond Res*. 22: 1416–1421.
70. Snyder-Mackler, L., Delitto, A., Stralka, S., Bailey, S., 1994. Use of electrical stimulation to enhance recovery of quadriceps femoris muscle force production in patients following anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther*. 74:901–907.
71. Shrier, I., 1999. Stretching before exercise does not reduce the risk of local muscle injury: a critical review of the clinical and basic science literature. *Clin J Sport Med*. 9:221–227.
72. Shrier, I., 2002a. *Does stretching help prevent injuries?* BMJ Books, London.
73. Simic, L., Sarabon, N. and Markovic, N., 2012. Does pre-exercise static stretching inhibit maximal muscular performance? A meta-analytical review. *Scand J Med Sci Sports*.
74. Stefanadis, K., Vitzilaios, K., Anastasiou, E., Antelli, GA., et al., 2008. Electrical muscle stimulation: A tool to prevent critical illness polyneuromyopathy. A prospective randomized study. *Intensive Care Med*. 34:S200.
75. Tylora, T., Daniel, J.W., Howatson, G., Jones, C.R., Brackena, M., Thomas D.L., Cook, C.J., Swift, E., Bakere, J.S., and Kilduff, L.P., 2015. The impact of neuromuscular electrical stimulation on recovery after intensive, muscle damaging, maximal speed training in professional team sports player. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 18: 328-332.
76. Taylor, P.N., Burridge, J.H., Dunkerley, A.L., et al. 1999. Patients' perceptions of the Odstock Dropped Foot Stimulator (ODFS). *Clin Rehabil*. 13: 439-46.

77. Therapy, 2000, St. Louis: W.B. Saunders. 975-978.
78. Tsang, GK., Green, MA., Smith, FT., Beck, S., Hudlicka, O. and Spearman, CP., 1994. Chronic muscle stimulation improves ischaemic muscle performance in patients with peripheral vascular disease. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 8:419–422.
79. Vanderthommen, M., Duteil, S., Wary, C., Raynaud, JC., Leroy Willig, A. and Crielaard, JM., et al., (2003). A comparison of voluntary and electrically induced contractions by interleaved 1H- and 31PNMRS in humans. *J Appl Physiol.* 94:1012–1024.
80. Walsh, DM., Foster, NE., Baxter, GD., et al. 1995. Transcutaneous electrical nerve stimulation. Relevance of stimulation parameters to neurophysiological and hypoalgesic effects. *Am J Phys Med Rehabil.* 74: 199–206
81. Walsh, DM., 1996. Transcutaneous electrical nerve stimulation and acupuncture points. *Complement Ther Med.* 4: 133–137.
82. Wedzicha, JA., Bestall, JC. and Garrod, R., 1998. Randomized controlled trial of pulmonary rehabilitation in severe chronic obstructive pulmonary disease patients, stratified with the MRC dyspnoea scale. *Eur Respir J.* 12:320–335.
83. Yamaguchi, T. and Ishii, K., 2005. Effects of static stretching for 30 seconds and dynamic stretching on leg extension power. *J Strength Cond Res.* 19:677–83.
84. Yamaguchi, T., Ishii, K., Yamanaka, M., and Yasuda, K., 2007. Acute effects of dynamic stretching exercise on power output during concentric dynamic constant external resistance leg extension. *J Strength Cond Res.* 21: 1238–1244.
85. Young, W. and Behm, D., 2003. Effects of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jumping performance. *J Sports Med Phys Fit.* 43:21–27.
86. Young, JL. (1994). Press JM. The physiologic basis of sports rehabilitation. *Phys Med Rehabil Clin North Am.* 5:9-36.
87. Yukihiro, H., Shinji, O. and Kazuhito, T., 2008. Yoshihiro M. A home based rehabilitation program for the hemiplegic upper extremity by power-assisted functional electrical stimulation. *Disabil Rehabil.* 30:296–304.