

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΑΙΓΙΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΘΕΜΑ: «Ο ΜΥΟΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΣΥΣΤΟΛΗΣ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΗ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ ΣΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΜΥΟΣΚΕΛΕΤΙΚΗ ΚΑΚΩΣΗ»

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΜΑΛΑΠΑΝΗ ΦΩΤΕΙΝΗ

ΑΝΤΖΟΥΛΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ ΤΣΕΠΗΣ ΗΛΙΑΣ

ΑΙΓΙΟ 2011

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την εκπόνηση της πτυχιακής μας εργασίας θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον εισηγητή μας κ. Δρ Τσέπη Ηλία για την πολύτιμη βοήθεια που μας παρείχε διότι χωρίς την καθοδήγηση και τις γνώσεις του θα ήταν δύσκολο να την πραγματοποιήσουμε. Σημαντική ήταν η προθυμία που έδειξε το προσωπικό της βιβλιοθήκης του Α.Τ.Ε.Ι Αιγίου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	2
Περιεχόμενα	3
Συντμήσεις – Επεξηγήσεις Όρων	6
Σχήματα – Εικόνες-Πίνακες	7
Περίληψη	9
Εισαγωγή-Ιστορικά στοιχεία	13

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

1. Ανατομικά και νευροφυσιολογικά στοιχεία του σκελετικού μυ	15
1.1. Χαρακτηριστικά του μυϊκού ιστού.....	16
1.1.1. Διεγερσιμότητα	16
1.1.2. Συσταλτικότητα	17
1.1.3. Διαταπτικότητα.....	17
1.1.4. Ελαστικότητα	17
1.2. Δομή του σκελετικού μυ	18
1.3. Μυϊκή ίνα	19
1.3.1. Παραγωγή δύναμης	23
1.4. Έιδη συστολής	25
1.4.1. Έκκεντρη	26
1.4.2. Σύγκεντρη	26
1.4.3. Πλειομετρική δραστηριότητα-πλειομετρία	27
1.4.4. Ισομετρική ή στατική συστολή	28
1.4.5. Ισοτονική συστολή	28
1.4.6. Ισοκινητική συστολή	28

1.5 Μηχανικό πρότυπο του μυός	29
1.6 Μηχανικές ιδιότητες του μυός	30
1.6.1.Γωνία κατάφυσης του μυός	31
1.6.2.Μηκοδυναμική σχέση	31
1.6.3.Ταχοδυναμική σχέση	32

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

2.Φυσιολογία της πλειομετρίας	34
2.1.Κινητική μονάδα.....	35
2.2.Αισθητικοί υποδοχείς	37
2.3.Ιδιοδεκτικοί υποδοχείς	38
2.3.1.Μυϊκή άτρακτος	39
2.3.2. Τενόντια όργανα Golgi.....	40
2.3.3. Αρθρικοί αισθητήριοι υποδοχείς.....	41
2.4.Τα αντανάκλαστικά	43
2.4.1. Το μυοτατικό αντανάκλαστικό	43
2.4.2. Αμοιβαία αναστολή.....	45
2.4.3. Το αντίστροφο μυοτατικό αντανάκλαστικό ή αυτογενής αναστολή.....	45
2.5. Κύκλος διάτασης βράχυνσης	47

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

3. Ισοκίνηση και αξιολόγηση- Γενικές αρχές	49
3.1. Αξιολόγηση της μυοσκελετικής δύναμης	49
3.2. Ισοκινητικό δυναμόμετρο	52
3.3. Ισοκινητική αξιολόγηση	54
3.3.1. Παράμετροι	54

3.3.2. Δοκιμασίες	55
3.4. Ερμηνεία διαγραμμάτων.....	56
3.5. Αναλογία αγωνιστή/ανταγωνιστή	57
3.6 Αναλογία έκκεντρης/σύγκεντρη	57

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

4. Πλειομετρική προπόνηση- Πλειομετρία	60
4.1. Πλειομετρία.....	61
4.2. Πρακτικοί παράγοντες της πλειομετρικής προπόνησης	62
4.3. Χρήση πλειομετρικής προπόνησης	63
4.4. Προοδευτικότητα πλειομετρικής άσκησης.....	67
4.5. Πλειομετρικό πρόγραμμα αποκατάστασης- προϋποθέσεις	69
4.6. Πλειομετρική προπόνηση και ευκινησία.....	71
4.7. Η αρνητική επίδραση της πλειομετρικής άσκησης στην μικροδομή των ανθρώπινων ινιδίων	72
4.8. Ανάπτυξη δύναμης και μέγεθος μυϊκής ίνας με πλειομετρική προπόνηση.....	74

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

5. Πρωτόκολλα αποκατάστασης με χρήση πλειομετρικών ασκήσεων	75
5.1. Η εφαρμογή των πλειομετρικών ασκήσεων	75
5.2. Μετά από επιδιόρθωση ρήξης τριγωνικού ινοχόνδρινου συμπλέγματος.....	76
5.3. Γενικές αρχές αποκατάστασης για τους αθλητές ρήψεων σε κακώσεις αγκώνα	78
5.4. Μη επεμβατική αποκατάσταση σε πρόσθια και οπίσθια αστάθεια ώμου	80
5.5. Λειτουργικά κριτήρια μετά από ΠΧΣ	80
5.5.1. Κριτήρια για επιστροφή στο άθλημα μετά από ΠΧΣ.....	81
5.5.2. Πρόγραμμα αλμάτων για πρόληψη τραυματισμού ΠΧΣ	83
5.6. Τενοντοπάθεια αχιλείου	83

5.7. Χρήση της πλειομετρικής άσκησης στην αποκατάσταση εξάρθρωσης επιγονατίδας	86
5.8. Αποκατάσταση ιδιοδεκτικότητας με πλειομετρικές ασκήσεις	87
5.9. Παράγοντες ασφαλείας για τη διεξαγωγή πλειομετρικών ασκήσεων	90
5.10. Συμπεράσματα.....	92
Αρθρογραφία	95

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΙΣ ΟΡΩΝ

Κ.Ν.Σ. = Κεντρικό Νευρικό Σύστημα

ROM = Τροχιά της κίνησης

GTO = Τενόντια όργανα του Golgi

ACh = Ακετυλοχολίνη

ΚΔΚ = Κύκλος διάτασης βράχυνσης

ΚΚΑ = Κλειστή κινητική αλυσίδα

ΑΚΑ = Ανοικτή κινητική αλυσίδα

E/C = Έκκεντρη/ Σύγκεντρη

ΚΔΒ= Κύκλος Διάτασης Βράχυνσης

DOMS= delayed onset muscle soreness (Σύνδρομο καθυστερημένης εκδήλωσης μυϊκού πόνου)

ΜΚΣ= Μέγιστη καρδιακή συχνότητα

ΤΑΚ= (Test for Athlete's with **K**nee injuries)(τεστ για αθλητές με τραυματισμούς στο γόνατο)

ΣΧΗΜΑΤΑ – ΕΙΚΟΝΕΣ – ΠΙΝΑΚΕΣ

Εικόνα 1.1	20
Εικόνα 1.2	22
Εικόνα 1.3	23
Εικόνα 1.4	25
Εικόνα 1.5	30
Εικόνα 1.6	32
Εικόνα 1.7	33
Εικόνα 2.1	34
Εικόνα 2.2	35
Εικόνα 2.3	37
Εικόνα 2.4	42
Εικόνα 2.5	43
Εικόνα 3.1	53
Εικόνα 5.1	78
Εικόνα 5.2	79
Εικόνα 5.3	85
Εικόνα 5.4	86
Πίνακας 3.1	51

Πίνακας 3.2	58
Πίνακας 4.1	61
Πίνακας 4.2	64
Πίνακας 4.3	68
Πίνακας 4.4	70
Πίνακας 4.5.....	74
Πίνακας 4.6.....	74
Πίνακας 5.1	81/82
Πίνακας 5.2	83
Σχήμα 5.1	89

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η πλειομετρική προπόνηση, παραδοσιακά, κατέχει σημαντική θέση στην αθλητική αποκατάσταση γιατί, ως μορφή άσκησης, συνδυάζει την ταχύτητα κίνησης με την υψηλή μυϊκή δύναμη όταν το ζητούμενο είναι η βελτίωση της ταχυδύναμης και συγκεκριμένα της απόδοσης. Σαν οργανωμένη μορφή προπονητικής εμφανίζεται στα τέλη της δεκαετίας του 1960. Οι πλειομετρικές δοκιμασίες έχουν αξία και ως δοκιμασίες αξιολόγησης του αθλητή σε κάθε μεταβατικό στάδιο αποκατάστασης, βασιζόμενες σε κριτήρια που θα σηματοδοτούν I) την ασφαλή μετάβαση σε επόμενο στάδιο αποκατάστασης ή II) την ασφαλή επιστροφή στην προτραυματική φάση με μειωμένο κίνδυνο υποτροπών και επανατραυματισμού.

Σκοπός της παρούσας εργασίας, είναι μέσα από την ανασκόπηση της τρέχουσας βιβλιογραφίας και αρθρογραφίας, να αποκαλύψει τις δυνατότητες και τις εφαρμογές της πλειομετρικής προπόνησης στην πρόληψη, την αποκατάσταση, την αξιολόγηση με απώτερο στόχο την ασφαλή επιστροφή των αθλητών στον αγωνιστικό χώρο ύστερα από μυοσκελετική κάκωση.

Σε γενικές γραμμές, τα κριτήρια που σηματοδοτούν την μετάβαση σε μια περισσότερο απαιτητική φάση ή την πλήρη και ασφαλή επιστροφή στην άσκηση δεν είναι μόνο όταν ο αθλητής έχει επιτύχει πλήρες λειτουργικό εύρος κίνησης ή όταν έχει επαρκή βάση δύναμης ή ίση αναλογία δύναμης και για τα δύο άκρα κατά τη διάρκεια των πλειομετρικών ασκήσεων αλλά είναι επιτακτικό αυτές οι ασκήσεις να είναι ανώδυνες (απουσία πόνου), συντονισμένες (με ρυθμό-επαρκή

νευρομυϊκό έλεγχο του αθλητή) και εντός χρονομετρήσεων συγκριτικά με το υγιές σκέλος σε δοκιμασίες που χρονομετρούνται κατά την εκτέλεση, καθώς επίσης και να εκτελούνται με σταθερότητα χωρίς ο αθλητής να χάνει την ισορροπιστική του ικανότητα.

Σημαντικό ρόλο στην αξιολόγηση της δοκιμασίας παίζει και η συμμετρία μεταξύ των άκρων (εμπλεκόμενου και μη) καθώς μια πλειομετρική δραστηριότητα είναι αναγκαίο να γίνεται τόσο με το τραυματισμένο όσο και με το μη τραυματισμένο άκρο. Στην περίπτωση που αφορούν μονοποδικές δοκιμασίες, από τις μετρήσεις προκύπτει ποσοστιαία η συμμετρία μεταξύ των άκρων που καθορίζει την ασφαλή επάνοδο στην άσκηση. Η συμμετρία των άκρων προκύπτει από τον τύπο: $\text{ποσοστό συμμετρίας μεταξύ των άκρων} = (\text{ομόπλευρο άκρο} / \text{ετερόπλευρο άκρο}) * (100)$. Η βιβλιογραφία προτείνει πρότυπο στόχο για βαθμολογίες συμμετρίας ένα ποσοστό 85% ή περισσότερο.

Ο αθλητής κατά τη διάρκεια των δοκιμασιών θα πρέπει να πληρεί ειδικά κριτήρια που θα αξιολογούν την απόδοσή του σε πλειομετρικές ασκήσεις όπως να έχει ισόποση κατανομή βάρους σε υγιές και μη υγιές άκρο, να διανύει ίση απόσταση και ίδιο ύψος άλματος και με τα δύο άκρα, να έχει πλήρη έλεγχο της κίνησης, να εκτελεί χωρίς δυσκολία τη δραστηριότητα και να μην εμφανίζει σημεία αδυναμίας, δυσκαμψίας, πόνου, αστάθειας, μειωμένης ισορροπίας και έκπτωσης δύναμης. Είναι απαραίτητο να έχει επαρκή δυναμικό έλεγχο στάσης σώματος, κιναισθητική και ιδιοδεκτική ανατροφοδότηση, καλή ευκινησία σε δραστηριότητες που απαιτούν αλλαγές κατεύθυνσης. Ιδιαίτερα αναγκαίο είναι να τονιστεί ότι καθόλη τη διάρκεια των πλειομετρικών ασκήσεων ο αθλητής πρέπει να ακολουθεί ορθή τεχνική και ιδιαίτερα στην προσγείωση καθώς τότε αυξάνονται κατακόρυφα οι πιθανότητες τραυματισμού. Επιπρόσθετα, για να επιτραπεί η επάνοδος στην

δραστηριότητα θα πρέπει ο αθλητής εκτός από μυοσκελετικά και νευρομυικά, να είναι έτοιμος και νοητικά.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην ανατομία του σκελετικού μυός στην ικανότητά του για παραγωγή δύναμης και σε χαρακτηριστικά όπως είναι η διεγερσιμότητα, η συσταλτικότητα, η διατατικότητα και η ελαστικότητα. Αναπτύσσονται επίσης τα διάφορα είδη μυϊκής συστολής. Στο δεύτερο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η φυσιολογία της πλειομετρικής συστολής και γίνεται αναφορά στους ιδιοδεκτικούς υποδοχείς και στην αντανακλαστική λειτουργία με κύριο το μυοτατικό αντανακλαστικό (Stretch reflex). Στο τέλος του κεφαλαίου έχουμε το ΚΔΒ (κύκλος διάτασης βράχυνσης) όπου είναι η διαδικασία μιας έκκεντρης συστολής που ακολουθείται άμεσα από μια σύγκεντρη συστολή. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση του ισοκινητικού δυναμόμετρου καθώς και των όρων που πρέπει να γνωρίζουμε όπως αναφέρονται στην παγκόσμια βιβλιογραφία. Στο τέταρτο και πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται η πλειομετρική άσκηση που συνίσταται από ολοκληρωμένο κινηματικό πρότυπο με φάσεις απόσβεσης (amortization) και ενεργητικής ώθησης.

Στην πρώτη αποθηκεύεται ελαστική ενέργεια η οποία απελευθερώνεται ενισχύοντας την επακόλουθη σύγκεντρη δράση. Απαντάται στις περισσότερες φυσικές δραστηριότητες κυρίως βαρομεταφέρουσες και ρίψης διότι οδηγεί σε αποτελεσματικότερη παραγωγή ισχύος. Αρκεί να συλλογιστεί κανείς το εύστοχο παράδειγμα ενός ρίπτη σε αθλήματα όπως το ακόντιο ή η πετοσφαίριση(σερβίς) όπου για να επιτευχθεί αποτελεσματικότερη ρίψη ή καλύτερο σερβίς εκμεταλλεύεται τα νευρομυικά οφέλη της διάτασης που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια μιας πλειομετρικής δοκιμασίας. Απαντάται ακόμη και στο ποδόσφαιρο όπου ο τερματοφύλακας, χρησιμοποιώντας τα οφέλη του κύκλου διάτασης βράχυνσης, εκτελεί διάταση πριν το σουτ για να σουτάρει όσο πιο μακριά μπορεί.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΗΣ

ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ

Ξεκινώντας από τους αρχαίους Έλληνες, προπονητές και αθλητές προσπαθούσαν να βρουν τεχνικές και μεθόδους για την βελτίωση της ταχύτητας και της δύναμης. Ταχύτητα και δύναμη μαζί αποτελούν την ταχυδύναμη, που είναι ουσιαστική στην εκτέλεση των περισσότερων αθλητικών επιδεξιοτήτων, από το σερβίς στο τένις μέχρι την απλή ισορροπία κινήσεων. Μολονότι σχεδιάστηκαν συγκεκριμένες ασκήσεις για τη βελτίωση της ταχύτητας, μονό τις τελευταίες δύο δεκαετίες δημιουργήθηκε ένα σύστημα προπόνησης το οποίο επικεντρώνεται στην προπόνηση της ταχυδύναμης. Αυτό το νέο σύστημα προπόνησης ονομάζεται πλειομετρική προπόνηση. Η καταγωγή του όρου πλειομετρική είναι είτε από την αρχαία ελληνική λέξη "πληθειν", που σημαίνει αύξηση, ή από τις επίσης αρχαίες ελληνικές ρίζες "πλειο" και "μετρική" που σημαίνουν πολύ και μέτρηση, αντίστοιχα (Chu 1983; Grambetta 1981, Wilt & Ecker 1970).

Πλειομετρικές κινήσεις εκτελούνται στην προπόνηση πολλών αθλημάτων, όπου η ταχυδύναμη είναι χρήσιμη (Bosco & Komi, 1981). Για παράδειγμα, ας σκεφτούμε τον βολεϊμπολίστα που πηδάει ψηλά στο φιλέ για να κόψει ένα αντίπαλο καρφί ή τον αθλητή του άλματος εις ύψος κατά την στιγμή της απογείωσης. Ο καλαθοσφαιριστής που σουτάρει την μπάλα και κατόπιν πηδάει γρήγορα για το επιθετικό rebound ή το follow μπορεί να ωφεληθεί από την πλειομετρική προπόνηση. Ο καταδύτης και ιδιαίτερα αυτός των ψηλών βατήρων, που χρειάζεται όσο το δυνατόν περισσότερο ύψος κατά την απογείωση μπορεί να βελτιώσει την απόδοση του με πλειομετρική προπόνηση.

Τα περισσότερα αθλήματα μπορούν να εκτελεστούν με καλύτερες επιδόσεις όταν οι αθλητές διαθέτουν ταχυδύναμη (Bosco & Komi, 1979). Η πλειομετρική προπόνηση είναι ένας από τους καλύτερους τρόπους για την ανάπτυξη της ταχυδύναμης που χρειάζεται για τον αθλητισμό.

Η σύγχρονη ιστορία της πλειομετρικής προπόνησης είναι σύντομη. Η προώθηση και η αναγνώρισή της ως μια χρήσιμη τεχνική έρχεται από τις Ρωσικές και Ανατολικοευρωπαϊκές επιτυχίες στον στίβο που ξεκίνησαν στα μέσα του 1960. Ένας πρωτοπόρος της πλειομετρικής προπόνησης ήταν ο Yun Veroshanski Ρώσος προπονητής όπου οι επιτυχίες του με άλλες είναι θρυλικές. Ο Veroshanski (1967) πειραματιζόταν με βαθιά άλματα και τη μέθοδο της πρόσκρουσης ως πλειομετρικές τεχνικές για την αύξηση της ικανότητας αντίδρασης των αθλητών. Ένας σημαντικός παράγοντας στην αντίληψη του Veroshanski για την πλειομετρική προπόνηση, ήταν ο ισχυρισμός ότι αυτού του είδους η προπόνηση βοηθάει στην ανάπτυξη όλου του νευρομυϊκού συστήματος για την εκτέλεση εκρηκτικών κινήσεων, και όχι μόνο στην ανάπτυξη του συσταλτού μυϊκού ιστού. Η πλειομετρική προπόνηση γνώρισε μεγάλη ανάπτυξη ύστερα από τις αξιοσημείωτες εμφανίσεις του Ρώσου Valeri Borzon, ο οποίος στους Ολυμπιακούς Αγώνες του 1972 κέρδισε τα 100μ σε χρόνο 10.0 δευτερόλεπτα.

Στην αρχή του 21 αιώνα βρισκόμαστε μπροστά στην πρόκληση της αντιμετώπισης νοσημάτων με μεγάλο ιατροκοινωνικό κόστος. Οι αθλητικές κακώσεις και γενικότερα οι κακώσεις του μυοσκελετικού συστήματος, συμβαίνουν με ολοένα και μεγαλύτερη συχνότητα λόγω της αύξησης του προσδόκιμου επιβίωσης και της ανόδου του βιοτικού επιπέδου του πληθυσμού και αποκτούν έτσι κεντρική σημασία (Abatzidis, 2000; Behrman, Kliegman, & Jenson, 2000). Η συνεχής μελέτη και γνώση του αντικειμένου, ο κατάλληλος σχεδιασμός

αποτελεσματικής πρόληψης ή αντιμετώπισης πρέπει να αποτελούν στόχο τόσο των επιστημόνων, όσο και της πολιτείας.

Έτσι, στη σημερινή εποχή τα αθλήματα και οι περισσότερες αθλητικές δραστηριότητες τείνουν να γίνονται ολοένα και πιο ανταγωνιστικά . Η αυξημένη ανταγωνιστική φύση του αθλήματος οδηγεί σε αυξημένες προσδοκίες για βελτίωση της επίδοσης των αθλητών. Πολλές τεχνικές έχουν χρησιμοποιηθεί όλα αυτά τα χρόνια για τη βελτίωση της απόδοσης με σκοπό την επιτυχία, την εξέλιξη καθώς και την επιστροφή στον αγωνιστικό χώρο ύστερα από περίοδο αποχής από το άθλημα. Σε αθλήματα με υψηλές επιδόσεις αυξάνονται κατακόρυφα και οι πιθανότητες τραυματισμού με αποτέλεσμα οι αθλητές να κρίνονται ακατάλληλοι για συμμετοχή στο άθλημά τους.

Εξίσου σημαντική όμως, είναι και η άσκηση κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης με την προοδευτικά αυξανόμενη έντασή της αλλά και οι δοκιμασίες-κριτήρια αξιολόγησης στην πορεία προς την επιστροφή στις προ-τραυματισμού δραστηριότητες. Αναπόσπαστο στοιχείο των πιο πάνω είναι η πλειομετρική συστολή και ως μέθοδος εκγύμνασης αλλά και ως δοκιμασία.

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

- ΑΝΑΤΟΜΙΚΑ ΚΑΙ ΝΕΥΡΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΣΚΕΛΕΤΙΚΟΥ ΜΥ**

Η κίνηση είναι θεμελιώδης ιδιότητα της ζωής. Η κίνηση του ανθρώπινου σώματος και των μελών του είναι προϊόν της μυϊκής συστολής και επιτυγχάνεται με την μετατροπή της χημικής ενέργειας σε μηχανική. Ο ενεργειακός αυτός μηχανισμός γίνεται στα διαφοροποιημένα μυϊκά κύτταρα, που είναι οργανωμένα σε μια θαυμάσια αρχιτεκτονική διάταξη μέσα στο σκελετικό μυ και λειτουργούν με τον έλεγχο της βούληση δηλαδή με την ενεργοποίηση του κεντρικού νευρικού συστήματος. Οι σκελετικοί μύες συνδέονται με τα οστά του σώματος και στη συστολή τους οφείλεται η γένεση της δύναμης και η παραγωγή της κίνησης των μερών του σκελετού και του σώματος. Οι σκελετικοί μύες διαφέρουν από τους λείους και τον καρδιακό μυ (Κλεισούρας, 2003).

1.1 Χαρακτηριστικά του μυϊκού ιστού

Ο σκελετικός μυς είναι ευπροσάρμοστος και μπορεί να διαταθεί ή να βραχυνθεί με αρκετά υψηλές ταχύτητες, χωρίς να προκληθεί σημαντική ζημία στον ιστό. Η απόδοση του μυός κάτω από διαφορετικά φορτία και ταχύτητες, ορίζεται με τέσσερις ιδιότητες του ιστού των σκελετικών μυών : διεγερσιμότητα, συσταλτικότητα, διατατικότητα και ελαστικότητα.

Η χημική σύσταση των μυών είναι περίπου 75% ύδωρ, 20% πρωτεΐνες και το υπόλοιπο 5% ανόργανα άλατα και ουσίες υψηλής ενέργειας, ουρία, γαλακτικό οξύ, ασβέστιο, μαγνήσιο, φώσφορος, ηλεκτρολύτες, ένζυμα, αμινοξέα, λίπη και υδατάνθρακες.

1.1.1 Διεγερσιμότητα

Είναι η ικανότητα του μυός να ανταποκριθεί στην διέγερση. Σε έναν μυ, η διέγερση παράγεται από έναν κινητικό νευρώνα, με την απελευθέρωση χημικού νεύρο-διαβιβαστή. Ο σκελετικός μυϊκός ιστός είναι ένας από τους πιο ευαίσθητους και ανταποκρινόμενους ιστούς του σώματος. Μόνο ο νευρικός ιστός είναι πιο ευαίσθητος από τους σκελετικούς μύες. Με αυτήν την ιδιότητα ο σκελετικός μυς μπορεί να επιστρατευθεί γρήγορα, με σημαντικό έλεγχο στο πόσες και ποιές μυϊκές ίνες θα διεγερθούν για μια συγκεκριμένη κίνηση.

1.1.2 Συσταλτικότητα

Είναι η ικανότητα του μυός να υπόκειται βράχυνση, όταν λαμβάνει ικανοποιητική διέγερση. Ορισμένοι μύες υπόκεινται σε βράχυνση έως και 50 – 70 % του μήκους ηρεμίας. Το μέσο εύρος βράχυνσης είναι περίπου στο 57 % του μήκους ηρεμίας για όλους τους σκελετικούς μύες.

1.1.3 Διατατικότητα

Είναι η ικανότητα του μυός να επιμηκύνεται ή να διατείνεται πέρα από το μήκος ηρεμίας. Ο ίδιος ο μυς δε μπορεί να προκαλέσει την επιμήκυνσή του και για αυτό το σκοπό απαιτείται ένας άλλος μυς ή εξωτερική δύναμη. Ο βαθμός διατατικότητας ορίζεται από το συνδετικό ιστό που βρίσκεται γύρω, από και μέσα στο μυ.

1.1.4 Ελαστικότητα

Είναι η ικανότητα της μυϊκής ίνας να επιστρέψει στο μήκος ηρεμίας μόλις σταματήσει η διάταση. Η ελαστικότητα του μυός ορίζεται κυρίως

από το συνδετικό ιστό του, παρά από τα μυοϊνίδια αυτά καθ' αυτά. Οι ιδιότητες της ελαστικότητας και της διατατικότητας θεωρούνται προστατευτικοί μηχανισμοί που διατηρούν την ακεραιότητα και το βασικό μήκος του μυός. Η ελαστικότητα είναι επίσης μια κρίσιμη συνιστώσα στην διευκόλυνση του αποτελέσματος της μυϊκής βράχυνσης στην οποία προηγείται διάταση.

1.2 Δομή του σκελετικού μυ

Οι σκελετικοί ή γραμμωτοί μύες ελέγχουν τις κινήσεις και αποτελούν το μεγαλύτερο αυτόνομο όργανο του ανθρώπινου σώματος. Οι μύες νευρώνονται από νεύρα του εγκεφαλονωτιαίου νευρικού συστήματος και λειτουργούν με τη θέλησή μας. Αποτελούν περίπου το 40% του βάρους του ανθρώπινου σώματος. Κάθε μυς αποτελείται από:

την *έκφυση* (origin), δηλαδή το μέρος του μυός που προσφύεται στο λιγότερο κινητό σημείο του οστού, ή αυτό που βρίσκεται πλησιέστερα προς το κέντρο του σώματος,

την *κατάφυση* (insertion), δηλαδή το μέρος του μυός που προσφύεται στο πλέον κινητό σημείο του οστού και

τη *γαστέρα*, που βρίσκεται ανάμεσα στην έκφυση και την κατάφυση.

Το μήκος των μυών ποικίλει ανάλογα με το μήκος των οστών. Διαφέρουν σε σχήμα, μέγεθος και μπορεί να έχουν διαφορετικές λειτουργίες. Ωστόσο, σε μικροσκοπικό επίπεδο, όλοι οι μύες έχουν περίπου την ίδια βασική δομή. Κάθε μυς αποτελείται από μυϊκά κύτταρα ή ίνες ενσωματωμένες σε κολλαγόνο ιστό. Στα δύο άκρα του μυός το

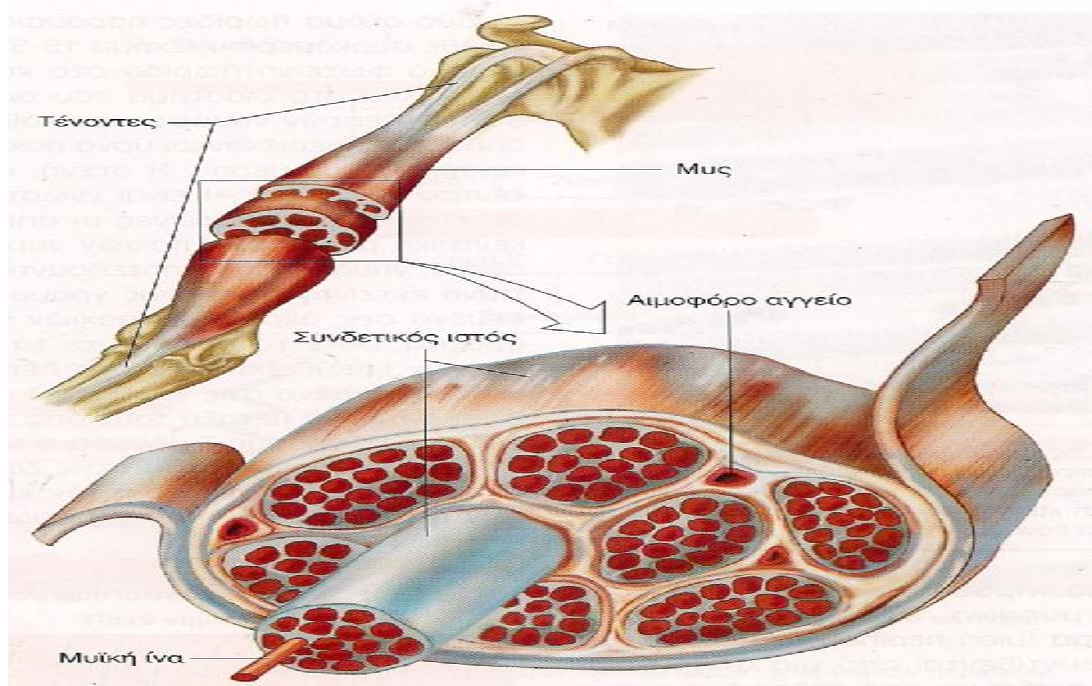
κολλαγόνο σχηματίζει τον τένοντα μέσω του οποίου προσφύεται ο μυς στο οστό.

Τα τμήματα του σώματος μετακινούνται από εσωτερικές και εξωτερικές δυνάμεις. Η εσωτερική, που είναι υπεύθυνη για την μετακίνηση και την τοποθέτηση των οστέινων τμημάτων του σώματος, είναι η ενέργεια των σκελετικών μυών. Αυτοί οι μύες είναι σε θέση να επιτελέσουν την ενέργεια αυτή, γιατί συστέλλονται, προσφύονται στα οστά και διέρχονται πάνω από τις αρθρώσεις. Επιπλέον, έχουν κατασκευαστεί σε δεσμίδες γραμμωτών μυϊκών ινών, που διαφέρουν στη δομή και τη λειτουργία από τον εξαιρετικά εξειδικευμένο καρδιακό μυ και από τους λείους μυς των αιμοφόρων αγγείων, πεπτικών και ουρογεννητικών οργάνων.

1.3 Μυϊκή ίνα

Ένα απλό κύτταρο σκελετικού μυός είναι γνωστό ως μυϊκή ίνα, περιέχει τον πυρήνα του κυττάρου, τα μιτοχόνδρια (σημαντικά για τον μεταβολισμό του κυττάρου), τη μυοσφαιρίνη (παρόμοια της αιμοσφαιρίνης) και το γλυκογόνο (μορφή σακχάρου). Ο όρος μυς αναφέρεται σε έναν αριθμό μυϊκών ινών δεμένες όλες μαζί με συνδετικό ιστό (εικόνα 1.1). Κάθε μυϊκή ίνα σχηματίζεται κατά το στάδιο της ανάπτυξης από την συγχώνευση ενός αριθμού αδιαφοροποίητων, μονοπύρινων κυττάρων, γνωστά ως μυοβλάστες, σε μια απλή κυλινδρική, πολυπυρηνική μυϊκή ίνα. Αυτό το στάδιο ολοκληρώνεται κατά το χρόνο της γέννησης και οι ίνες συνεχίζουν να αυξάνονται σε διάμετρο και μήκος ως την εφηβεία, με πενταπλάσια αύξηση της διαμέτρου της ίνας κατά την περίοδο αυτή (Lockhart, 1973). Σε ενήλικες

έχει παρατηρηθεί σημαντική διακύμανση στο μήκος και στην διάμετρο των ινών μέσα σε ένα μυ (Asrand & Rodalh, 1977). Οι μυϊκές ίνες μπορεί να έχουν διάμετρο από 10 έως 50 μm και μήκος μέχρι 10 cm (Billeter et al, 1992).



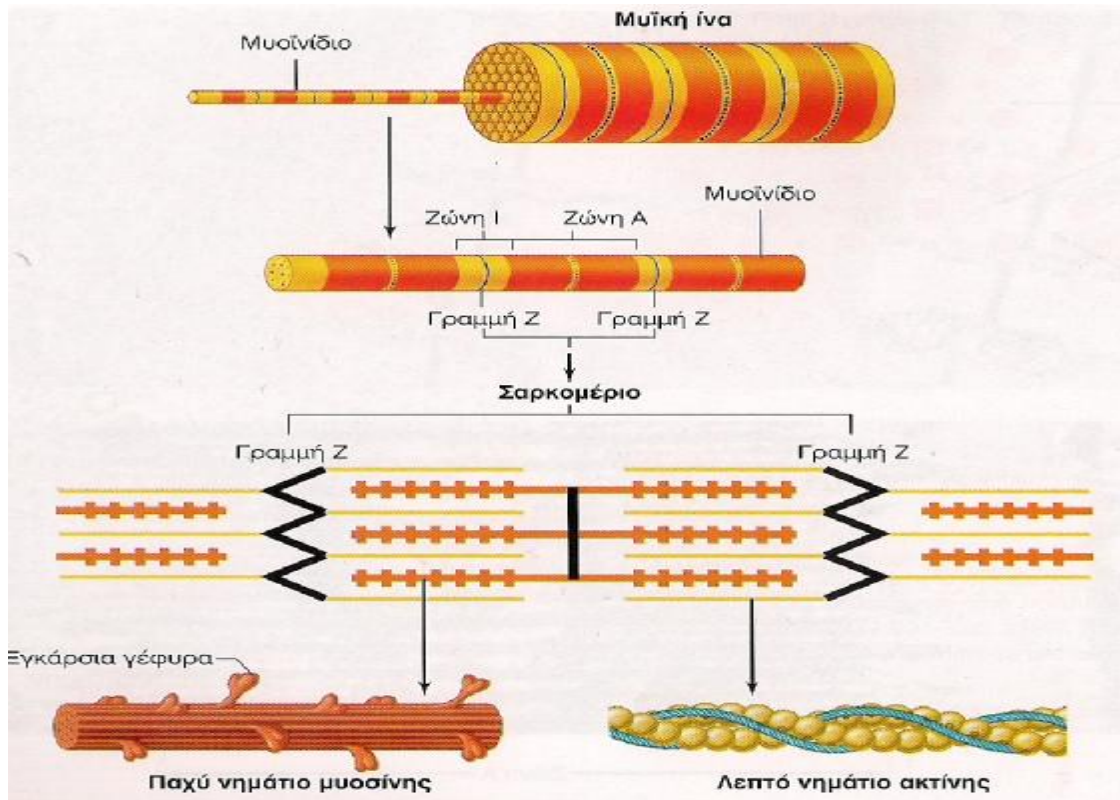
Εικόνα 1.1: Οργάνωση μυϊκών ινών (τροποποιημένο από Vander et al, 2001)

Εάν οι σκελετικές μυϊκές ίνες καταστραφούν λόγω τραυματισμού, μετά την γέννηση, δεν είναι δυνατόν να αντικατασταθούν από τη διαίρεση υπαρχόντων μυϊκών ινών (Vander et al, 2001). Πάντως νέες ίνες μπορούν να δημιουργηθούν από αδιαφοροποίητα κύτταρα γνωστά ως δορυφορικά κύτταρα, τα οποία βρίσκονται σε άμεση επαφή με τις μυϊκές ίνες (Vander et al, 2001). Η ικανότητα σχηματισμού νέων ινών είναι αξιοσημάντη αλλά δεν επαναφέρει πλήρως τη μέγιστη δύναμη ενός έντονα κατεστραμμένου μύος. Η αναπλήρωση του χαμένου μυϊκού ιστού επέρχεται με την αύξηση του μεγέθους των μυϊκών ινών οι οποίες έχουν απομείνει (Vander et al, 2001). Τα δορυφορικά κύτταρα δεν συμβάλουν στην αύξηση της μυϊκής δύναμης που επέρχεται με την προπόνηση. Η

διάμετρος της μυϊκής ίνας μπορεί να αυξηθεί με προπόνηση αντίστασης, με λίγες επαναλήψεις μεγάλων επιβαρύνσεων, σε ενήλικους (Fielding, 1995; Taaffe et al, 1996; Komi et al, 2000). Υπάρχει πάντως η πιθανότητα της υπερπλασίας, ή αύξηση στον αριθμό των μυϊκών ινών, που μπορεί να συμβεί σε κάποια άτομα ως αποτέλεσμα της προπόνησης (McCall et al, 1996).

Η μικροσκοπική εξέταση έχει αποκαλύψει ότι η μυϊκή ίνα αποτελείται από πολλές εκατοντάδες μυϊκά ινίδια με διάμετρο από 1 έως 2 μm (Billeter et al, 1992). Κάθε μυϊκή ίνα είναι γεμάτη κατά 80% με μυοϊνίδια (Billeter et al, 1992). Τα μυοϊνίδια είναι έγκλειστα μέσα στο σαρκόπλασμα μέσα σε μια λεπτή μεμβράνη γνωστή και ως σαρκείλημα, που έχει την ικανότητα να αναπαράγει και να μεταδίδει τις νευρικές ώσεις. Κάθε ίνα επικαλύπτεται από μια θήκη από λεπτό συνδετικό ιστό, το ενδομύιο. Τα μικροσκοπικά μυοϊνίδια, που είναι τα συστατικά στοιχεία, διαταράσσονται σε παράλληλο σχηματισμό μέσα στην ίνα και αποτελούνται από εναλλασσόμενες φωτεινές και σκοτεινές ζώνες, που προσδίδουν στις μυϊκές ίνες τη γραμμωτή τους εμφάνιση.

Κάθε μυοϊνίδιο συνθέτεται από παχιά και λεπτά νημάτια, τοποθετημένα σε επαναλαμβανόμενο σχέδιο κατά το μήκος τους, γνωστά ως σαρκομέριο (εικόνα 1.2). Τα παχιά νημάτια αποτελούνται από μυοσίνη, την πρωτεΐνη συστολής, ενώ τα λεπτά (μισή περίπου διάμετρο των παχίων νηματίων) από ακτίνη μια άλλη πρωτεΐνη συστολής καθώς και από την τροπομυοσίνη και την τροπονίνη, οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση της μυϊκής συστολής.

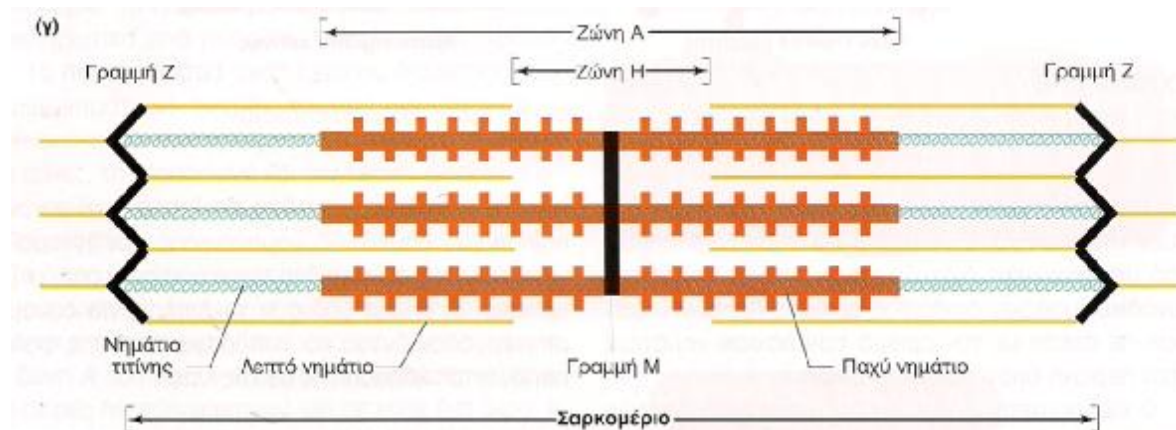


Εικόνα 1.2: Διευθέτηση νηματίων μιας σκελετικής μυϊκής ίνας τα οποία δημιουργούν ένα σχέδιο γραμμωτών μυών (τροποποιημένο από Vander et al, 2001).

Τα παχιά νημάτια είναι τοποθετημένα στο μέσο κάθε σαρκομερίου, όπου υπάρχει μια πλατιά σκούρα λωρίδα γνωστή ως ζώνη Α (εικόνα 1.2). Κάθε σαρκομέριο περιέχει δύο σειρές λεπτών νηματίων μία σε κάθε άκρο. Η μια άκρη κάθε λεπτού νηματίου και των δύο σειρών είναι προσδεμένη σε ένα δίκτυο αλληλοσυνδεδεμένων πρωτεϊνών γνωστό ως γραμμή Z, ενώ η άλλη άκρη συμπλέκεται εν μέρει με τα παχιά νημάτια. Δύο επακόλουθες γραμμές Z ορίζουν τα όρια ενός σαρκομερίου.

Η φωτεινή λωρίδα γνωστή ως ζώνη Ι (εικόνα 1.2), κείται μεταξύ δύο ζωνών Α γειτονικών σαρκομερίων και περιέχει το κομμάτι των λεπτών νηματίων τα οποία δεν συμπλέκονται με τα παχιά νημάτια. Η ζώνη Ι τέμνεται από τη γραμμή Z. Δύο ακόμα λωρίδες υπάρχουν σε μία ζώνη Α

κάθε σαρκομερίου (εικόνα 1.3). Η ζώνη H που είναι μια σχετικά φωτεινή λωρίδα στο κέντρο της ζώνης A και η στενή, σκούρα λωρίδα στο κέντρο της ζώνης H γνωστή ως γραμμή Z.



Εικόνα 1.3: Διευθέτηση των παχιών και λεπτών νηματίων (τροποποιημένο από Vander et al, 2001).

Ο χώρος μεταξύ γειτονικών λεπτών και παχιών νηματίων γεφυρώνεται από προεκτάσεις τεμαχίων μορίων μυοσίνης, που ονομάζονται εγκάρσιες γέφυρες και προεξέχουν από την επιφάνεια των παχιών νηματίων προς τα λεπτά (εικόνα 1.2). Κατά την συστολή, αυτές οι εγκάρσιες γέφυρες εφάπτονται των λεπτών νηματίων και τους εξασκούν δύναμη.

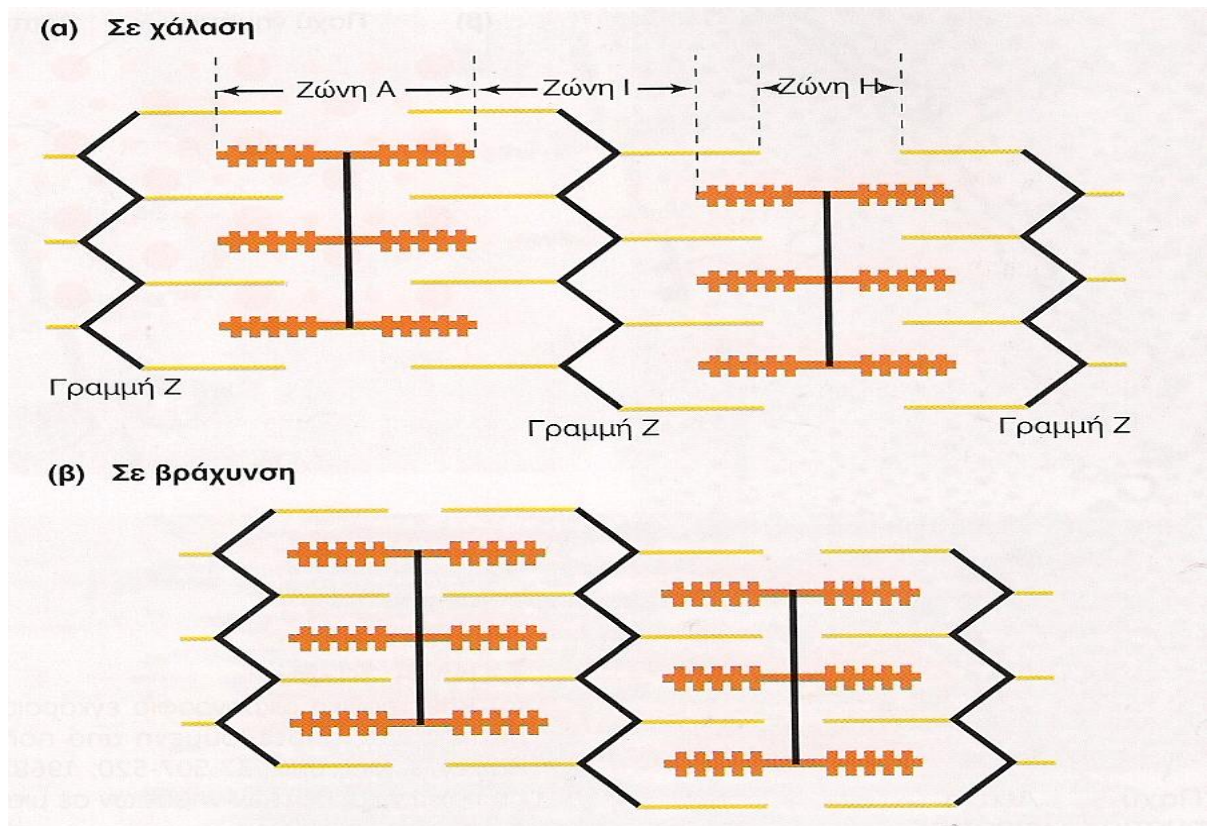
1.3.1 Παραγωγή δύναμης

Ο σκελετικός μυς οργανώνεται σε λειτουργικές μονάδες, οι οποίες καλούνται κινητικές μονάδες. Αποτελούνται από μια ομάδα μυϊκών ινών που νευρώνονται από τον ίδιο κινητικό νευρώνα. Το σήμα που διαβιβάζεται από τον κινητικό νευρώνα στον μύ, καλείται δυναμικό δράσης. Το δυναμικό δράσης ενός κινητικού νευρώνα φθάνει σε μια μυϊκή ίνα στη νευρομυϊκή σύναψη ή τελική κινητική πλάκα, εκεί

πραγματοποιούνται μια σειρά χημικών αντιδράσεων και απελευθερώνεται ακετυλοχολίνη (ACH). Η ACH διασκορπίζεται στην σύναψη και προκαλεί αύξηση της διαπερατότητας της μεμβράνης. Η ταχύτητα με την οποία διαδίδεται το δυναμικό δράσης κατά μήκος της μεμβράνης ορίζεται ως ταχύτητα αγωγής.

Η μυϊκή δύναμη παράγεται με τους παρακάτω τρόπους. Πρώτον η μυϊκή δύναμη μπορεί να αυξηθεί με την επιστράτευση όλο και περισσότερων κινητικών μονάδων. Όσο αυξάνεται η μυϊκή δύναμη δεσμεύονται περισσότερες και μεγαλύτερες κινητικές μονάδες. Αυτή είναι η αρχή του μεγέθους (Henneman et al, 1965). Δεύτερον ένα μεμονωμένο δυναμικό δράσης που ενεργοποιεί μια ίνα θα αναγκάσει τη δύναμη να αυξηθεί και να μειωθεί (σύσπαση). Όταν εμφανιστεί ένα δεύτερο ερέθισμα, προτού υποχωρήσει η πρώτη σύσπαση θα προστεθεί σε αυτό. Με διαδοχικά ερεθίσματα υψηλής συχνότητας η δύναμη διαμορφώνει μια κατάσταση που λέγεται τέτανος. Τέλος η δύναμη δομείται ως ένα επίπεδο, στο οποίο δεν υπάρχει καμία αύξηση της μυϊκής δύναμης (πλήρης τέτανος).

Ο τρόπος με τον οποίο ένας μυς δημιουργεί τάση εξηγείται μέσω της θεωρίας της ολίσθησης των νηματίων από των Huxley (1957). Σύμφωνα με αυτή την θεωρία όταν το ασβέστιο ελευθερώνεται στο μυ μέσω του νευροχημικού ερεθισμού αρχίζει η διαδικασία της συστολής. Το σαρκομέριο συστέλλεται, καθώς τα νημάτια της μυοσίνης μετακινούνται κατά μήκος των νηματίων της ακτίνης, σχηματίζοντας της εγκάρσιες γέφυρες. Στην κατάσταση συστολής τα νημάτια επικαλύπτονται κατά μήκος και στο μεγαλύτερο μέρος του μήκους τους (εικόνα 1.4). Η ταυτόχρονη διολίσθηση πολλών χιλιάδων σαρκομερίων σε σειρά αλλάζει το μήκος και την δύναμη του μυός (Billeter & Hoppeler, 1992)



Εικόνα 1.4: Αλλαγές στην διευθέτηση των παχιών και λεπτών νηματίων ως αποτέλεσμα βράχυνσης του μυοϊνιδίου. Η ζώνη Ι και ζώνη Η έχουν μειωθεί (τροποποιημένο από Vander et al, 2001).

1.4 Είδη συστολής

Ο όρος συστολή, όπως χρησιμοποιείται στην Φυσιολογία του μυός, δεν σημαίνει κατ' ανάγκη «βράχυνση». Αναφέρεται, κατά το πλείστον, στην ενεργοποίηση των σημείων δυναμογένεσης των εγκάρσιων γεφυρών σε μια μυϊκή ίνα. Μετά από συστολή, οι μηχανισμοί οι οποίοι ξεκινούν τη δημιουργία δύναμης απενεργοποιούνται, και η παραγωγή τάσης φθίνει, παράγοντας χάλαση της μυϊκής ίνας. Ένας σαφής διαχωρισμός που θα μπορούσε να γίνει μεταξύ των ειδών μυϊκής συστολής ανάλογα με τη μεταβολή στο μήκος του μυός είναι οι

δυναμικές συστολές (έκκεντρη και σύγκεντρη, ισοτονική και ισοκινητική) και οι στατικές συστολές (ισομετρική).

1.4.1 Έκκεντρη

Όταν ένας μυς υφίσταται εξωτερική ροπή, που είναι μεγαλύτερη από τη ροπή που παράγει ο ίδιος τότε αυτός επιμηκύνεται και η δράση αυτή είναι γνωστή ως έκκεντρη (Komi, 1984). Η πηγή της εξωτερικής δύναμης που αναπτύσσει την αντίστοιχη ροπή δύναμης, η οποία με την σειρά της παράγει την έκκεντρη μυϊκή δράση, είναι συνήθως η βαρύτητα ή η μυϊκή δράση των ανταγωνιστών μυών (Billeter et al, 1992). Σε μια έκκεντρη δράση, ο συνισταμένες μυϊκές δυνάμεις που προκαλούν περιστροφή είναι σε αντίθετη διεύθυνση από αυτή της αρθρικής γωνίας, γεγονός που σημαίνει ότι οι ανταγωνιστές μύες ελέγχουν την κίνηση. Επίσης, η κίνηση του μέλους κατά την έκκεντρη δράση θεωρείται αρνητική, δεδομένου ότι οι αρθρικές δράσεις κινούνται προς τα κάτω ακλουθώντας την διεύθυνση της βαρύτητας.

1.4.2 Σύγκεντρη

Όταν ένας μυς βραχύνεται ορατά, ενώ παράγει ενεργή τάση, η μυϊκή δράση ορίζεται ως σύγκεντρη (Komi, 1984). Στην συγκεκριμένη αρθρική τάση οι συνισταμένες μυϊκές δυνάμεις προκαλούν κίνηση προς την ίδια κατεύθυνση με αυτή της αλλαγής της γωνιακής θέσης, θεωρώντας ότι οι αγωνιστές είναι οι μύες που ελέγχουν την κίνηση. Η σύγκεντρη μυϊκή

δράση ορίζεται ως θετική, δεδομένου ότι οι αρθρικές δράσεις είναι συνήθως ενάντια στην βαρύτητα.

1.4.3 Πλειομετρική δραστηριότητα – Πλειομετρία

Η πλειομετρική δραστηριότητα χωρίζεται σε 3 φάσεις : την έκκεντρη προ-φόρτωση φάση, την φάση απόσβεσης και τέλος την σύγκεντρη συστολή (Chu 1983; Veroshansky, 1966). Η αρχή της πλειομετρίας πρέπει να ενσωματώνεται και στις δεξιότητες, αλλά και στην βελτίωση της φυσικής κατάστασης για μια αθλητική ή φυσική κατάσταση. Η χρήση μιας γρήγορης προδιάτασης αποτελεί μέρος ενός πρωτοκόλλου ασκήσεων φυσικής κατάστασης, οι οποίες είναι γνωστές και ως πλειομετρικές ασκήσεις. Σε αυτό το πρωτόκολλο, ο μυς τίθεται σε μια γρήγορη και σύντομη διάταση, στο τέλος της οποίας αρχίζει μια σύγκεντρη μυϊκή δράση όπως συμβαίνει για παράδειγμα στις αλτικές δραστηριότητες (Baechle & Earle, 2000).

Η αλληλουχία αυτή έχει έκκεντρης-σύγκεντρης έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη απόδοση καθώς αφενός μεν ενεργοποιείται το μυοτατικό αντανακλαστικό , αφετέρου δε χρησιμοποιείται η ελαστική ενέργεια που αποθηκεύεται από τη γρήγορη προδιάταση στα ελαστικά στοιχεία του μυός (Asmussen & Bonde-Peterson, 1974; Cavagna, 1977; Komi, 1992; Miller et al, 2002; Pfeiffer 1999; Wathen, 1993).

Η πλειομετρική προπόνηση είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται από αθλητές όλων των ειδών για να αυξήσουν την δύναμη και την εκρηκτικότητά τους (Chu, 1998).

1.4.4 Ισομετρική ή στατική συστολή

Η λέξη ισομετρική σημαίνει ίσου μήκους. Η τάση του μυ σε μερική ή πλήρη συστολή, χωρίς κάποια ουσιαστική αλλαγή στο μήκος του, αποτελεί την ισομετρική συστολή (Komi, 1984). Η ισομετρική συστολή συμβαίνει συνήθως σε δυο διαφορετικές περιπτώσεις.

- Οι μύες που δρουν ανταγωνιστικά μεταξύ τους συστέλλονται με την ίδια δύναμη, εξισορροποούνται και αλληλοεξουδετερώνονται. Το τμήμα, πάνω στο οποίο δρουν, συγκρατείται σταθερά στην θέση του, χωρίς να μετακινείται.
- Ένας μυς εκτελεί μερική ή μέγιστη συστολή ενάντια σε μια άλλη δύναμη, όπως είναι η έλξη της βαρύτητας, μια εξωτερική μηχανική ή άλλη μυϊκή δύναμη. Τέτοια παραδείγματα είναι όταν κρατάμε ένα βιβλίο με τεντωμένο χέρι, η διελκυστίνδα ανάμεσα σε ισάξιους αντιπάλους, και η προσπάθεια να μετακινήσουμε ένα αντικείμενο που είναι πάρα πολύ βαρύ για το σκοπό αυτό.

1.4.5 Ισοτονική συστολή

Η λέξη ισοτονική σημαίνει ίσης τάσης, έντασης. Η ισοτονική συστολή είναι μια συστολή κατά την οποία η τάση παραμένει συνεχώς, καθώς ο μυς επιμηκύνεται ή βραχύνεται.

1.4.6 Ισοκινητική συστολή

Η λέξη ισοκινητική σημαίνει ίσης ή ίδιας κίνησης. Με την χρήση ειδικού εξοπλισμού είναι δυνατόν να έχουμε μυϊκή προσπάθεια με

σταθερή γωνιακή ταχύτητα, θεωρητικά για όλο το εύρος τροχιάς κίνησης της άρθρωσης. Η αντίδραση των μυών στην προσαρμοζόμενη αυτή αντίσταση του μηχανήματος ονομάζεται ισοκινητική συστολή.

1.5 Μηχανικό πρότυπο του μυός

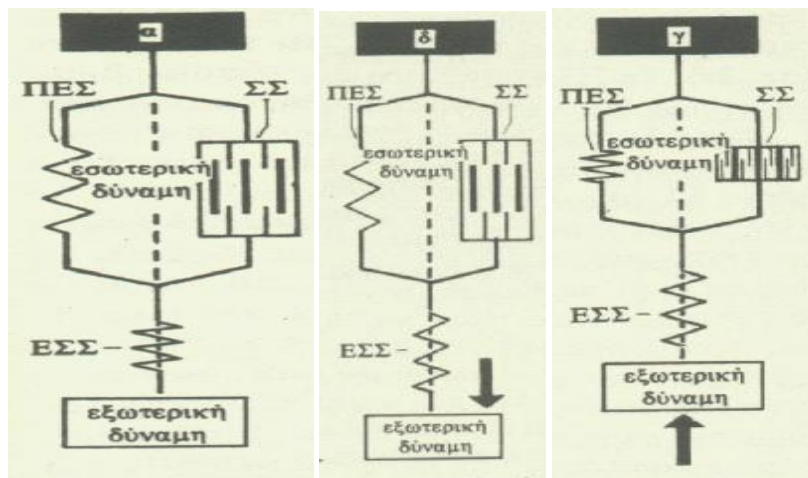
Μια σειρά πειραμάτων από τον Hill προκάλεσε ένα πρότυπο συμπεριφοράς που πρόβλεψε τη μηχανική φύση του μυός. Αυτό το πρότυπο έχει τρεις συνιστώσες, που ενεργούν από κοινού, με τρόπο που περιγράφει τη συμπεριφορά ενός ολόκληρου μυός. Το πρότυπο αυτό περιλαμβάνει συνιστώσες που αναφέρονται ως εξής : συσταλτή συνιστώσα (ΣΣ), παράλληλη ελαστική συνιστώσα (ΠΕΣ) και σε σειριακή ελαστική συνιστώσα (ΣΕΣ).

Η ΣΣ είναι το στοιχείο του μυϊκού προτύπου που μετατρέπει τον ερεθισμό του νευρικού συστήματος σε δύναμη. Η εγγενής ελαστικότητα του μυός διαμορφώνεται από τα ΣΕΣ και τα ΠΕΣ. Η ΣΕΣ είναι σε σειρά με την ΣΣ άρα, οποιαδήποτε δύναμη που παράγεται από την τελευταία εφαρμόζεται επίσης και στην ΣΕΣ.

Ο μυς επιδεικνύει ελαστική συμπεριφορά ακόμα και όταν η ΣΣ δεν παράγει δύναμη. Μια εξωτερική δύναμη που εφαρμόζεται στον μύ τον αναγκάζει να αντισταθεί αλλά και να διαταθεί. Αυτή η ανενεργός ελαστική απάντηση παράγεται από τις δομές που πρέπει να είναι παράλληλες στη ΣΣ παρά σε σειρά με αυτή. Κατά συνέπεια έχουμε την ΠΕΣ.

Στην πλειομετρική άσκηση από μηχανική άποψη, κατά τη φάση απόσβεσης αποθηκεύεται ελαστική ενέργεια στα κατά σειρά συσταλτά

στοιχεία η οποία απελευθερώνεται ενισχύοντας την επακόλουθη σύγκεντρη δράση



Εικόνα 1.5: Συμπεριφορά των συστατικών στοιχείων, σε ηρεμία-σε έκκεντρη και σε σύγκεντρη δράση.

1.6 Μηχανικές ιδιότητες του μυός

Η συμπεριφορά του μυός και η απόδοση του εξαρτάται όχι μόνο από τα ιστοχημικά του χαρακτηριστικά αλλά και από τις μηχανικές του ιδιότητες. Οι ιδιότητες αυτές θεωρούνται θεμελιώδεις στην παραγωγή της μυϊκής δύναμης, ταχύτητας και ισχύος και αναφέρονται στη σχέση μεταξύ του μήκους του μυός και της δύναμης που παράγει, καθώς και στη σχέση μεταξύ της ταχύτητας της συστολής και της δύναμης.

1.6.1 Γωνία κατάφυσης του μυός

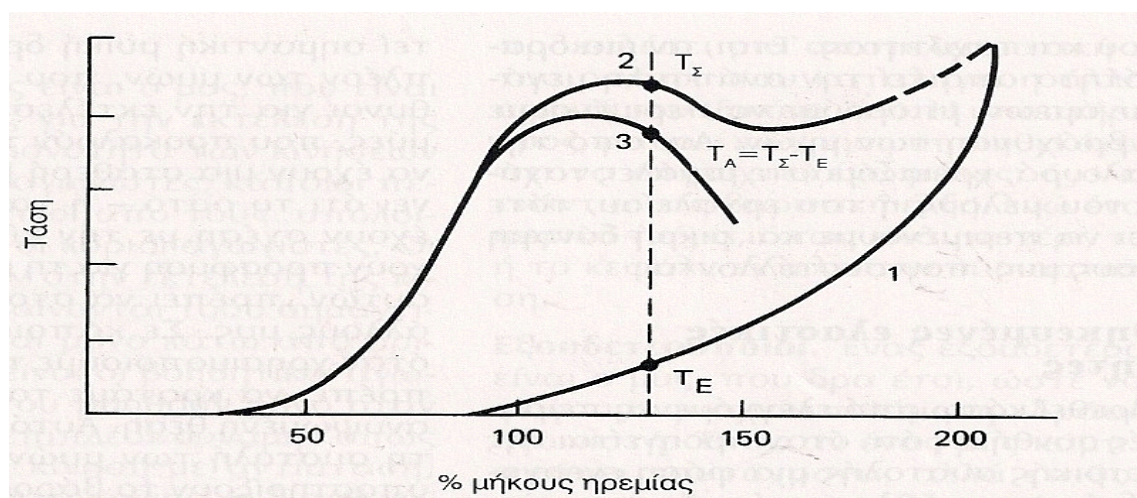
Ο μυς παράγει ένα ορισμένο μέγεθος τάσης που μεταφέρεται στο οστό, μέσω του τένοντα ή της απονεύρωσης. Για την ολοκλήρωση της περιστροφής ενός τμήματος ή μέλους του σώματος δεν θα χρησιμοποιηθεί όλη η τάση ή δύναμη που παράγεται από τον μυ. Ανάλογα με την γωνία κατάφυσης του μυός, μία ορισμένη δύναμη θα κατευθυνθεί για να σταθεροποιήσει ή αποσταθεροποιήσει το μέλος με την έλξη του οστού στο εσωτερικό ή εξωτερικό της άρθρωσης. Η μυϊκή δύναμη θα κατευθυνθεί κατά μήκος του οστού και προς το εσωτερικό της άρθρωσης, όταν η γωνία του τένοντα σε σχέση με το οστό είναι οξεία.

1.6.2 Μηκοδυναμική σχέση

Η μηκοδυναμική σχέση διαδραματίζει ένα πολύ σημαντικό ρόλο στη λειτουργία του σκελετικού μυός. Το μέγεθος της δύναμης όπου ένας μυς μπορεί να παράγει εξαρτάται από το μήκος, την ταχύτητα κίνησης και το ερέθισμα (Bobbert , 2001; Leiber , 2002).

Υπάρχει ένα βέλτιστο μήκος στο οποίο ένας μυς, όταν διεγερθεί μπορεί να ασκήσει μέγιστη τάση. Αυτό το μήκος ποικίλει ανάλογα με τη δομή του μυ και την λειτουργία του, αλλά ως γενικός κανόνας, είναι ελαφρώς μεγαλύτερος από το μήκος ηρεμίας του μυ. Τα μήκη, τα οποία είναι μεγαλύτερα ή μικρότερα, παράγουν λιγότερη τάση. Η σχέση αυτή ισχύει και για τα τρία είδη συστολής : ισομετρική, έκκεντρη και σύγκεντρη. Μια τυπική μηκοδυναμική σχέση απεικονίζεται στην εικόνα 1.6. Το μέγιστο μήκος ηρεμίας αντιστοιχεί στο 100%. Η καμπύλη 1 αντιστοιχεί στην τάση που παράγεται όταν ο μυς διατείνεται παθητικά,

και η καμπύλη 2 αντιπροσωπεύει την συνολική τάση που παράγεται στον μυ. Η ενεργητική τάση του μυ θα είναι λοιπόν η διαφορά μεταξύ της παθητικής και τις συνολικής τάσης, καμπύλη 2 μείον την καμπύλη 1 η σχέση αυτή προτείνει ότι όταν επιθυμούμε την μέγιστη δύναμη, πρέπει να είναι ο μυς μακρύτερος από το μήκος ηρεμίας. Πάντως άλλοι παράγοντες όπως η γωνία έλξης του μυ πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.



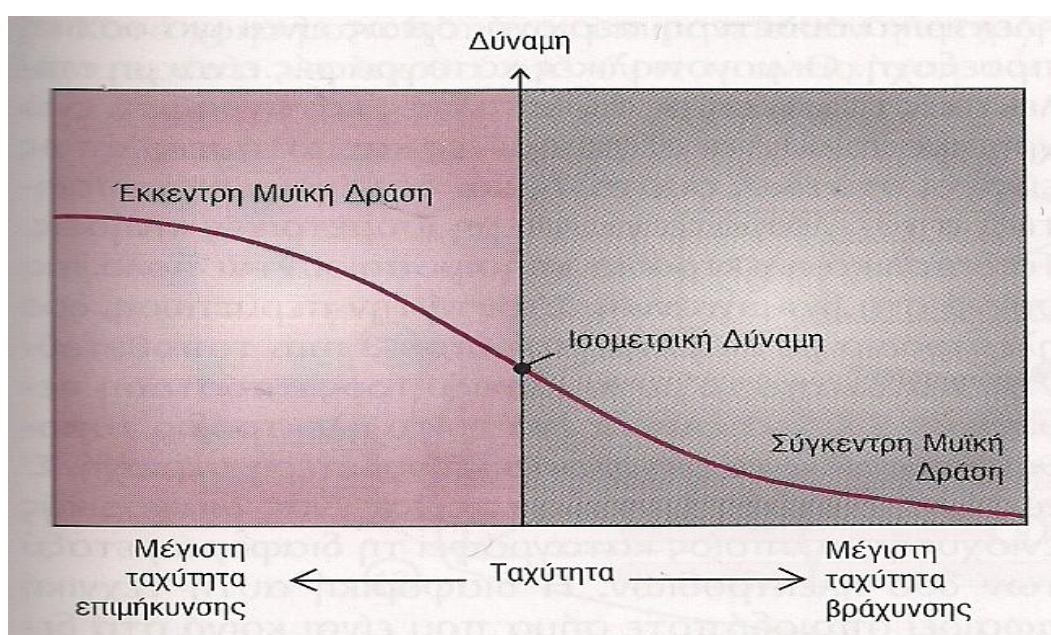
Εικόνα 1.6: Μηκοδυναμικές καμπύλες για απομονωμένο μυ. Καμπύλη 1, παθητική ελαστική τάση (T_E) σε μυ, που διατείνεται παθητικά προς μεγαλύτερο μήκος.

1.6.3 Ταχοδυναμική σχέση

Καθώς αυξάνεται η ταχύτητα μιας μυϊκής συστολής ελαττώνεται η δύναμη που είναι σε θέση να παράγει. Η ταχύτητα της συστολής είναι μέγιστη όταν το φορτίο είναι μηδέν, και το φορτίο είναι μέγιστο όταν η ταχύτητα είναι μηδέν (Εικόνα 1.7). Για κάθε φορτίο υπάρχει μια βέλτιστη ταχύτητα, που είναι κάπου ανάμεσα στις πιο γρήγορες και αργές τιμές. Καθώς αυξάνει το φορτίο μειώνεται η βέλτιστη τιμή ταχύτητας. Έτσι αυξάνεται η ανάγκη για περισσότερες εγκάρσιες γέφυρες. Επειδή

χρειάζεται χρόνος για την δημιουργία ή την αποδόμηση των εγκάρσιων γεφυρών κατανοούμε την αντίστροφη σχέση μεταξύ φορτίου και ταχύτητας. Έτσι, αν μια δραστηριότητα απαιτεί την ανάπτυξη μεγαλύτερων δυνάμεων μπορούμε να περιμένουμε μικρή βράχυνση των μυών. Αν, από την άλλη πλευρά, χρειαζόμαστε μεγάλες ταχύτητες τότε πρέπει να περιμένουμε και μικρή δύναμη από τους μυς που συστέλλονται.

Κατά την έκκεντρη συστολή στις ίδιες τιμές ταχύτητας, όπως στις τιμές της σύγκεντρης συστολής, έχουμε μεγαλύτερη παραγωγή δύναμης όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

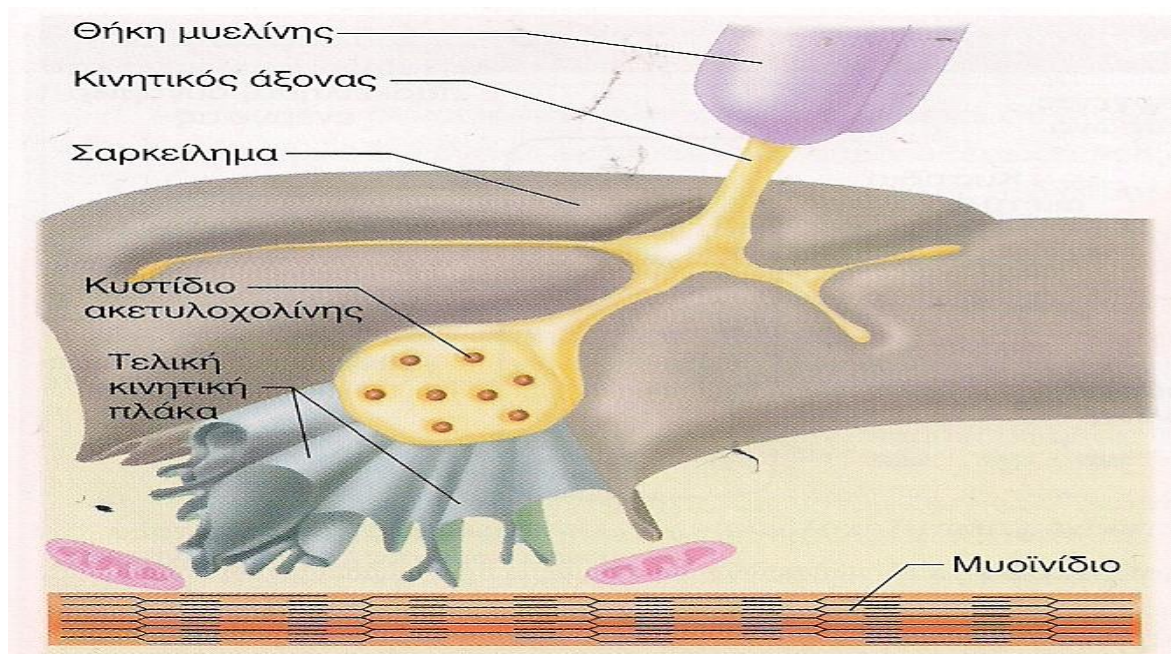


Εικόνα 1.7: Ταχοδυναμική σχέση. Καθώς αυξάνεται η ταχύτητα της σύγκεντρης συστολής, η δύναμη, που μπορεί να ασκηθεί ελαττώνεται στην σύγκεντρη. Όταν η ταχύτητα πλησιάζει το μηδέν, η συστολή είναι ισομετρική. Στην έκκεντρη συστολή, αυξάνεται η τάση με την αυξανόμενη ταχύτητα επιμήκυνσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

2. Φυσιολογία της πλειομετρίας

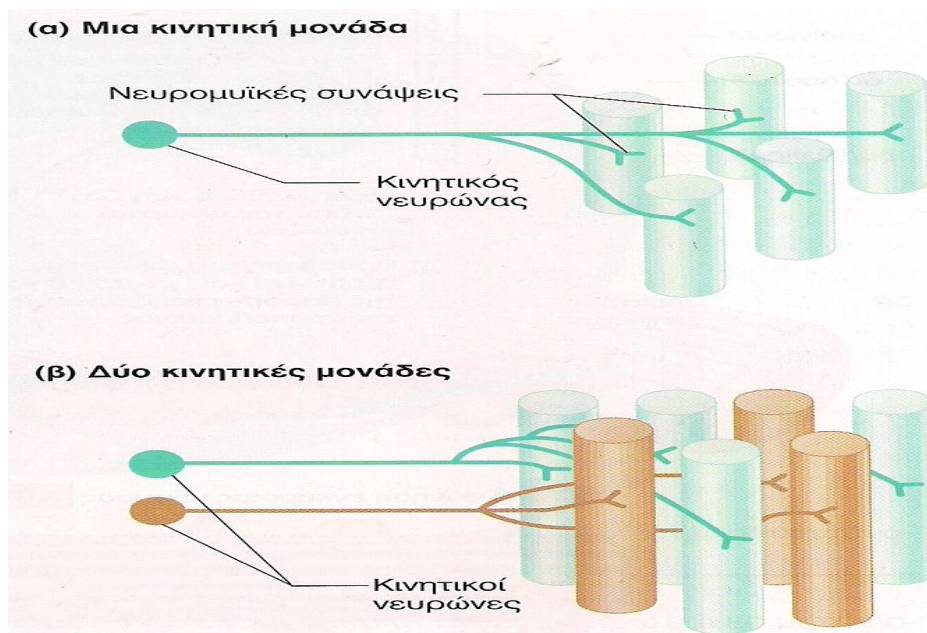
Για να γίνει κατανοητή η φυσιολογική βάση της πλειομετρίας πρέπει να αναλυθεί η δομή και λειτουργία της κινητικής μονάδας καθώς και η αλληλεπίδραση νευρικής λειτουργίας (υποδοχείς) και μηχανικής απάντησης του μυός.



Εικόνα 2.1: Νευρομυϊκή σύναψη. Τα τερματικά των κινητικών αξόνων χώνονται μέσα σε αυλακιές στην επιφάνεια της μυϊκής ίνας (τροποποιημένο από Vander et al, 2001).

2.1 Κινητική μονάδα

Οι δομικές μονάδες του νευρικού και του κινητικού συστήματος είναι ο νευρώνας και η μυϊκή ίνα αντίστοιχα. Από λειτουργική άποψη συνδυάζονται τα δύο συστήματα για να σχηματίσουν το νευρομυϊκό σύστημα. Η λειτουργική μονάδα του νευρομυϊκού συστήματος είναι η κινητική μονάδα και αποτελείται από ένα κινητικό νευρώνα (εικόνα 2.1, εικόνα 2.2) μαζί με όλες τις μυϊκές ίνες που νευρώνει ο νευράξονάς του (εικόνα 2.3). Οποιαδήποτε διακοπή της επαφής αυτής (νεύρου- μύς) διαταράσσει τη φυσιολογική λειτουργία του μύς και οδηγεί στην παράλυση και την ατροφία του. Όλες οι μυϊκές ίνες που ενεργοποιούνται από τον ίδιο κινητικό νευρώνα ανήκουν στον ίδιο τύπο μυϊκής ίνας.

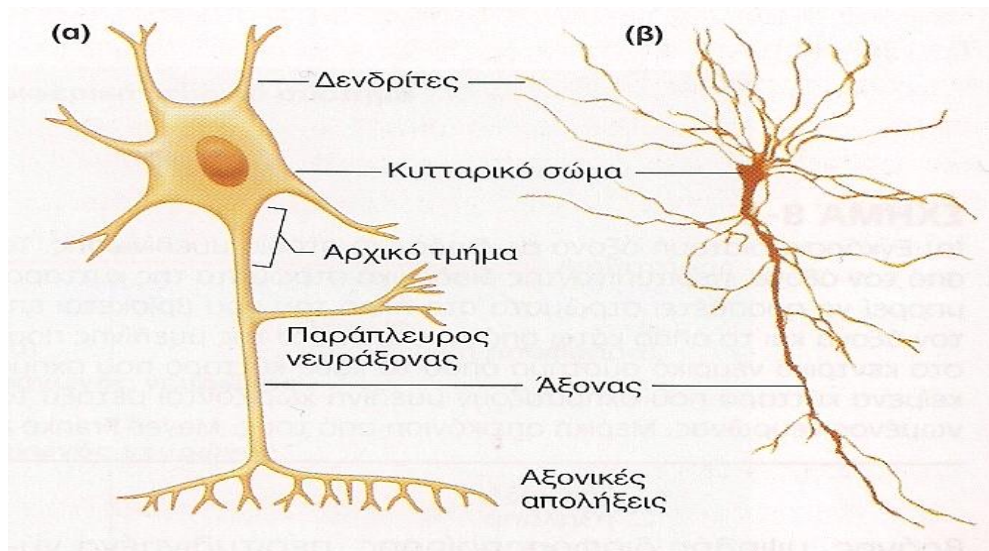


Εικόνα 2.2: (α) Μια κινητική μονάδα αποτελούμενη από ένα κινητικό νευρώνα και τις μυϊκές ίνες τις οποίες νευρώνει. (β) Δύο κινητικές μονάδες και οι διαπλεκόμενες ίνες τους σε ένα μυ (τροποποιημένο από Vander et al, 2001).

Οι κινητικές μονάδες ποικίλλουν πολύ σχετικά με τον αριθμό των μυϊκών ινών, που αντιστοιχεί σε ένα κινητικό νευρώνα. Κάποιες κινητικές μονάδες έχουν 2000 ή περισσότερες μυϊκές ίνες (γαστροκνήμιος, μείζον γλουτιαίος) άλλες έχουν λιγότερες από 10 (οφθαλμικοί μύες) (Basmajian,, 1978). Ο μέσος αριθμός μυϊκών ινών ανά νευρώνα είναι 100-200 (Basmajian,, 1978; Moritani & DeVries, 1979).

Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι κινητικών μονάδων που αντιστοιχούν στους τρεις τύπους ινών: βραδείας συστολής- συστολής οξειδωτική (Τύπος I), ταχείας- συστολής οξειδωτικοί (Τύπος ΙΑ), ταχείας – συστολής γλυκολυτική (Τύπος ΙΒ)

Ένας μυς που διαθέτει μικρή αναλογία μυϊκών ινών προς α΄ κινητικούς νευρώνες είναι σε θέση να εκτελέσει περισσότερο ακριβές κινήσεις από ότι ένας μυς με μικρό αριθμό κινητικών νευρώνων για τον ίδιο αριθμό μυϊκών ινών. Έτσι η αναλογία των μυϊκών ινών προς τους κινητικούς νευρώνες έχουν άμεσο αντίκτυπο στην ακρίβεια με την οποία εκτελούνται οι κινήσεις από ένα μυ. Σε ένα γραμμωτό μυ οι διαφορετικές κινητικές μονάδες συστέλλονται ασύγχρονα και η ένταση της συστολής τους είναι ανάλογη με τον αριθμό των ενεργοποιημένων κινητικών μονάδων. Ο τύπος της κινητικής μονάδας καθορίζεται από τα μεταβολικά χαρακτηριστικά των μυϊκών ινών της.



Εικόνα 2.3:(α) Διαγραμματική αναπαράσταση νευρώνα. Οι αναλογίες σε αυτό το σχήμα μπορεί να οδηγήσουν σε παρανόηση διότι ο άξονας μπορεί να έχει μήκος 5000 έως 10000 φορές μεγαλύτερο από το εύρος του κυτταρικού σώματος. Ο νευρώνας που απεικονίζεται είναι ένας κοινός τύπος νευρώνα αλλά, υπάρχουν αρκετοί άλλοι τύποι και ένας από αυτούς δεν έχει άξονα. (β) Νευρώνας όπως φαίνεται στο μικροσκόπιο. Οι απολήξεις του δεν μπορούν να φτάσουν σ' αυτή την μεγέθυνση (τροποποιημένο από Vander et al, 2001).

2.2 Αισθητικοί υποδοχείς

Οι περισσότερες δραστηριότητες του νευρικού συστήματος αρχίζουν με ερεθίσματα που ενεργοποιούν κάποιες αισθητικές νευρικές απολήξεις. Ενώ τα κινητικά νεύρα καταλήγουν σε μυϊκές ίνες, σχηματίζοντας τις κινητικές μονάδες, τα αισθητικά νεύρα συνδέονται με εξειδικευμένες απολήξεις γνωστές και ως υποδοχείς. Αυτοί οι υποδοχείς είναι εξειδικευμένα κύτταρα ή όργανα, που είναι επιλεκτικά στην αντίδρασή τους σε διάφορους τύπους ερεθισμάτων αν και συχνά ανταποκρίνονται σε περισσότερους από έναν τύπους. Υπάρχουν δύο κύριες κατατάξεις, οι εξωδεκτικοί και οι εσωδεκτικοί υποδοχείς.

Οι εξωδεκτικοί υποδοχείς είναι τοποθετημένοι πάνω ή κοντά στην επιφάνεια του σώματος, δέχονται και μεταδίδουν ερεθίσματα, τα οποία προέρχονται έξω από το σώμα και σε αυτούς περιλαμβάνονται οι υποδοχείς των πέντε αισθήσεων : όραση, ακοή, οσμή, γεύση και αφή. Οι εσωδεκτικοί υποδοχείς περιλαμβάνουν τους υποδοχείς για άλλες δερματικές παθήσεις όπως είναι η ζέστη, το κρύο, ο πόνος και η πίεση. Οι εσωδεκτικοί υποδοχείς χωρίζονται σε σπλαχνικούς (δέχονται ερεθίσματα από τα σπλάχνα) και σε ιδιοδεκτικούς υποδοχείς (δέχονται ερεθίσματα από ιστούς).

2.3 Ιδιοδεκτικοί υποδοχείς

Εντοπίζονται στους μυς, τους τένοντες και τις αρθρώσεις όπως και σε περιβάλλοντες και προστατευτικούς ιστούς, όπως είναι οι αρθρικοί θύλακοι, οι σύνδεσμοι και άλλες ινώδης μεμβράνες και στον λαβύρινθο του έσω αυτιού. Οι υποδοχείς αυτοί διεγείρονται από τις κινήσεις του σώματος και με τη σειρά τους είναι υπεύθυνη για την μετάδοση της συνεχούς ροής πληροφοριών από τις κατασκευές αυτές προς το κεντρικό νευρικό σύστημα (Smith, 1976). Η πληροφόρηση αυτή περιλαμβάνει την καταλληλότητα της αντίδρασης σε σχέση με τον βαθμό, την κατεύθυνση και τον ρυθμό μεταβολής των κινήσεων του σώματος. Χωρίς τις αισθητικές αυτές αναφορές δεν θα μπορούσε να υπάρξει αποτελεσματικός συντονισμός των κινητικών προτύπων. Η πληροφόρηση από τους υποδοχείς κατευθύνεται τόσο στα συνειδητά όσο και στα ασυνείδητα επίπεδα και, πέρα από την αίσθηση της επίγνωσης της θέσης του σώματος και των άκρων, μας προμηθεύει και με αντανακλαστικά (Smith, 1976). Οι ιδιοδεκτικοί υποδοχείς κατατάσσονται ως μυϊκοί (μυϊκές άτρακτοι, τενόντια όργανα Golgi), υποδοχείς δέρματος

και αρθρώσεων (απολήξεις Ruffini και σωμάτια Pacini), λαβυρίνθιοι και αυχενικοί.

2.3.1 Μυϊκή_άτρακτος

Είναι ο κυριότερος υποδοχέας του ιδιοδεκτικού συστήματος. Είναι ένα τροποποιημένο είδος μυϊκής ίνας που αποτελείται από λεπτές, ολιγάριθμες, εγκάρσιες μυϊκές ίνες, οι οποίες περιβάλλονται από κάψα συνδετικού ιστού γεμάτες με υγρό, γι' αυτό ονομάζονται και ενδοκαψικές. Ο αριθμός των μυϊκών ατράκτων σε κάθε μυ ποικίλει. Ο ρόλος της μυϊκής ατράκτου είναι να καταγράφει το μήκος και την ταχύτητα της συστολής που αναπτύσσεται στις μυϊκές ίνες που περιβάλλει καθώς και να μεταφέρει αυτή την πληροφορία στο Κ.Ν.Σ. Στη μυϊκή άτρακτο, υπάρχουν τρεις τύποι ενδοκαψικών ινών, οι οποίοι διαφέρουν μεταξύ τους τόσο μορφολογικά όσο και λειτουργικά. Επιπλέον υπάρχουν και δύο είδη αισθητικών νευρώνων, οι οποίοι μεταφέρουν τις πληροφορίες από τη μυϊκή άτρακτο προς το κέντρο (Parent, 1996). Πρωτεύουσες (τύπου Ια) και δευτερεύουσες ίνες (τύπου ΙΙ) ανέρχονται από τη μυϊκή άτρακτο, συνάπτονται με άλφα ή γάμα κινητικούς νευρώνες αντίστοιχα και διευκολύνουν τη σύσπαση των εξωατρακτικών και ενδοατρακτικών ινών. Οι πρωτεύουσες και δευτερεύουσες ίνες (τύπου Ια και ΙΙ), δραστηριοποιούνται ταυτόχρονα και αντιδρούν τόσο στις στατικές όσο και στις δυναμικές μεταβολές του μήκους του μύος και είναι πολύ σημαντικές για την εκτέλεση μιας άσκησης με καλό συντονισμό (Hagbarth, 1964 ; Granit, 1966; Gremion 2005). Επίσης, πρόσφατα έχει παρατηρηθεί ότι η μυϊκή άτρακτος παίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση τόσο της στατικής όσο και της δυναμικής

ισορροπίας (Bloem et al, 2000; Bove et al, 2003; Deursen et al, 1998; Inglis et al, 1994; Nardone et al, 2000).

Οι μυϊκές άτρακτοι έχουν συγκεχυμένο σχήμα και διατάσσονται παράλληλα στις συνηθισμένες και εξωκαψικές ίνες του μυός, συνεπώς όταν ο μυς διατείνεται το ίδιο συμβαίνει και με αυτές. Παρέχουν αισθητικές πληροφορίες ανάδρασης που αφορούν το μήκος και την τάση των μυϊκών ινών, προκειμένου το κεντρικό νευρικό σύστημα να ελέγξει σωστά τις κινήσεις των σκελετικών μυών. Η κύρια λειτουργία τους είναι η απάντηση στην μυϊκή διάταση και διαμέσου αντανακλαστικής δράσης η πρόκληση μυϊκής συστολής ώστε να μειωθεί αυτή η διάταση.

2.3.2 Τενόντια όργανα Golgi

Αντίθετα με τις μυϊκές ατράκτους οι οποίες διατάσσονται παράλληλα με τις εξωκαψικές ίνες, τα τενόντια όργανα Golgi συνδέονται σε σειρά με τουλάχιστον 25 εξωκαψικές μυϊκές ίνες (Smith, 1976). Εντοπίζονται στους συνδέσμους των αρθρώσεων και η κύρια ευθύνη τους είναι ο εντοπισμός των μεταβολών κύρια της τάσης και λιγότερο του μήκους των μυών. Νευρώνονται από ένα είδος αισθητικού νευρώνα, τις κεντρομόλες ίνες τύπου Ιβ. Αυτές οι ίνες, διακλαδίζονται και τυλίγονται γύρω από τις κολλαγόνες ίνες που συνθέτουν τα όργανα Golgi.

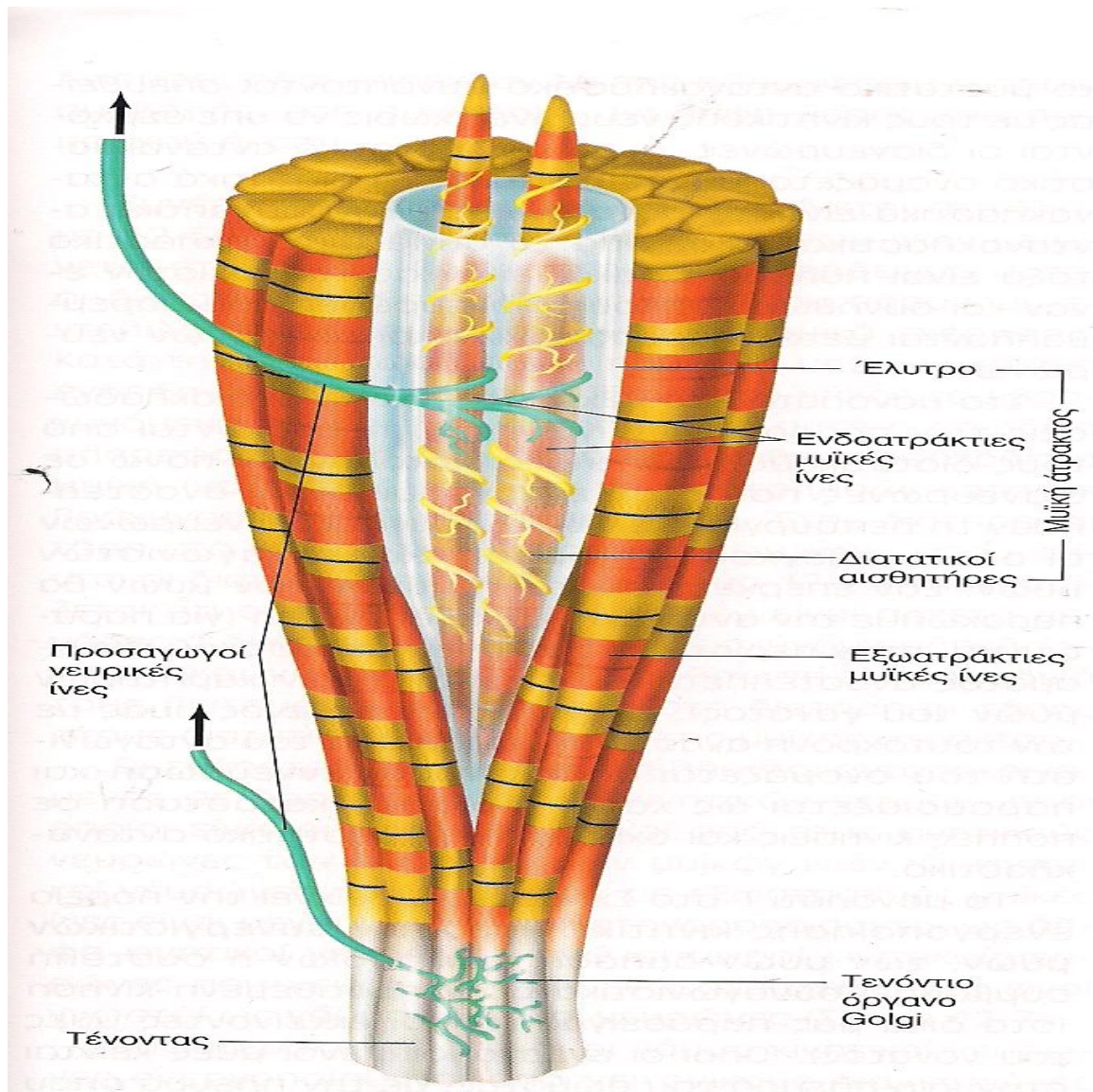
Τα όργανα Golgi ανταποκρίνονται μέσω ανατροφοδοτικού ελέγχου για την εκφόρτιση ώσεων υπό μια από τις δύο ακόλουθες συνθήκες (Jamsem & Rudford, 1964):

1. Απάντηση στη τάση που δημιουργείται στο μυ όταν βραχύνεται.
2. Απάντηση στη τάση του μυός όταν διατείνεται παθητικά.

Αναλυτικότερα η παθητική διάταση του μυός μέσα σε φυσιολογικά πλαίσια ενώ αυξάνει το μήκος του δεν επηρεάζει αισθητά την τάση που αναπτύσσεται στα διάφορα στοιχεία του και ως εκ τούτου δε διεγείρει και τα τενόντια όργανα. Αντίθετα τα τενόντια όργανα διεγείρονται κυρίως μετά τη μυϊκή σύσπαση εμφανίζοντας ιδιαίτερη ευαισθησία στην ενεργητική τάση που αναπτύσσεται στον μυ. Μάλιστα τα τενόντια όργανα διεγείρονται εντονότερα από μια ισομετρική σύσπαση παρά από μία αντίστοιχη ισοτονική συστολή επειδή η τάση που αναπτύσσεται στην πρώτη περίπτωση είναι μεγαλύτερη από τη δεύτερη. Το σύστημα των τενόντιων οργάνων αποτελεί μια συσκευή που λειτουργεί μέσα στο πλαίσιο του κυκλώματος των α-κινητικών νευρώνων η οποία μετράει την τάση που αναπτύσσεται σε ένα μυ και τον προστατεύει (αποτρέποντας την υπέρμετρη ανάπτυξή της) από μια ενδεχόμενη θλάση ή ρήξη του (κάκωσή του).

2.3.3 Αρθρικοί αισθητήριοι υποδοχείς

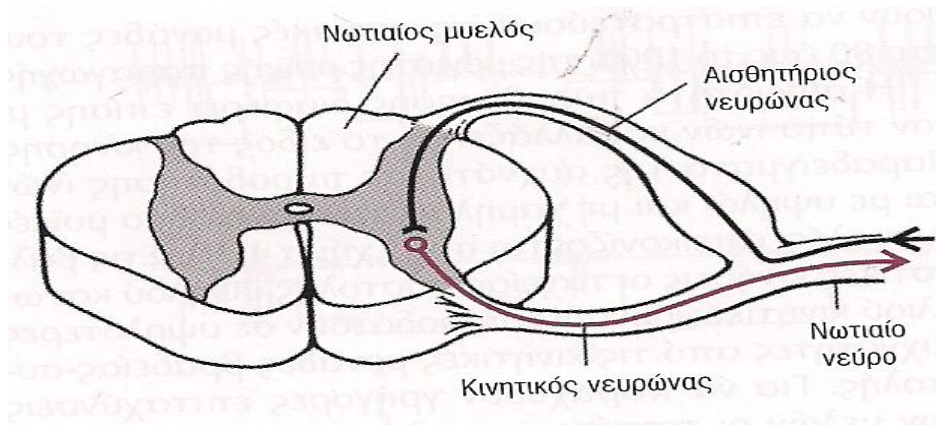
Υπάρχουν περιορισμένες πληροφορίες για το αισθητήριο νευρικό εισερχόμενο σήμα από τους αρθρικούς υποδοχείς που βρίσκονται μέσα και γύρω από τις διαρθρώσεις. Ένας τέτοιος υποδοχέας, η απόληξη Ruffini, βρίσκεται στον αρθρικό θύλακα και ανταποκρίνεται σε αλλαγή της αρθρικής θέσης και στην ταχύτητα κίνησης αυτής (Newton, 1982). Το σωματίδιο Pacini είναι ένας άλλος αρθρικός υποδοχέας στον θύλακα και στον συνδετικό ιστό, που αποκρίνεται σε παραγόμενη πίεση από τους μύες και σε πόνο μέσα στην άρθρωση (Smith, 1976). Αυτοί οι αρθρικοί υποδοχείς, καθώς και άλλοι υποδοχείς των συνδέσμων και των τενόντων, παρέχουν συνεχές εισερχόμενο σήμα στο νευρικό σύστημα σχετικά με τις συνθήκες που επικρατούν εντός και γύρω από την άρθρωση.



Εικόνα 2.4: Μια μυϊκή άτρακτος και το τενόντιο όργανο του Golgi.
(τροποποιημένο από Vander et al, 2001).

2.4 Τα αντανακλαστικά

Όταν η αισθητηριακή πληροφορία ενός εκ των υποδοχέων μεταφέρεται στο νωτιαίο μυελό, προκαλώντας μια προβλέψιμη κινητική απόκριση, αυτό καλείται αντανακλαστικό (Smith, 1976).



Εικόνα 2.5: Ένα μονοσυναπτικό αντανακλαστικό

2.4.1 Το μυοτατικό αντανακλαστικό

Το μυοτατικό ή μυοδιατατικό ανακλαστικό είναι ένας μηχανισμός που προστατεύει τους μύες από τραυματισμούς, είναι ένα μονοσυναπτικό αντανακλαστικό (εικόνα 2.5). Ο Shultz et al (1999) αναφέρει ότι το μυοτατικό αντανακλαστικό είναι ένα από τα πιο απλά αλλά το πιο ταχύ αντανακλαστικό του ανθρώπινου σώματος.

Όταν οι μυϊκές ίνες διατείνονται πολύ, είτε ως αποτέλεσμα έντονης υπερδιάτασης, είτε από απότομη κίνηση ο μυς συστέλλεται. Χαρακτηριστικό είναι ότι τα αντανακλαστικά αυτά ενεργοποιούνται μόνο όταν για κάποιο λόγο απειλούνται οι μύες. Η λειτουργική σημασία των αισθητοϋποδοχέων συνίσταται στην ικανότητά της να ανιχνεύει, να απαντά, και να ελέγχει αλλαγές του μήκους των εξωκαψικών μυϊκών ινών. Αυτό έχει μεγάλη σημασία για την ρύθμιση της κίνησης και την διατήρηση της θέσης του σώματος. Οι μύες που καθορίζουν τη θέση του

σώματος βομβαρδίζονται συνεχώς από νευρικά ερεθίσματα και πρέπει να διατηρούν την ετοιμότητα τους να απαντούν στις εκούσιες κινήσεις ή να διατηρούν κάποιο βαθμό σταθερής δραστηριότητας, ώστε να εξισορροπούν την δύναμη της βαρύτητας και να διατηρούν την όρθια στάση του σώματος.

Το μυοδιατατικό αντανακλαστικό, που θεωρείται θεμελιώδες για την επίτευξη αυτού του σκοπού, έχει τρία κύρια συστατικά:

1. **Τους αισθητοϋποδοχείς** μέσα στον μυ οι οποίοι απαντούν στην διάταση.
2. **Την κεντρομόλο μυϊκή ίνα**, η οποία μεταφέρει την αισθητική ώση από την μυϊκή άτρακτο στον νωτιαίο μυελό.
3. **Το φυγόκεντρο κινητικό νευρώνα** στον νωτιαίο μυελό, ο οποίος σηματοδοτεί τη μυϊκή συστολή.

Το ερέθισμα δόνησης (vibratory stimulus) προκαλεί διάταση στις μυϊκές ίνες και όπως προαναφέρθηκε στις ατράκτους (muscle spindle) και στα τενόντια όργανα του Golgi (GTO). Η διάταση αυτή διεγείρει τόσο τις πρωτεύουσες όσο και τις δευτερεύουσες αισθητικές απολήξεις. Η αισθητικές ώσεις αποστέλλονται στα υψηλότερα κέντρα μέσω της κεντρομόλου νευρικής ίνας, όπου διεγείρονται με την σειρά τους άμεσα οι α-κινητικοί νευρώνες (motor neuron).

Η επαναφορά των κινητικών ώσεων οδηγεί σε ισχυρότερη συστολή του μυός. Είναι επίσης σημαντικό να αναφέρουμε ότι διεγερτικές ώσεις διανέμονται και στους συναγωνιστές μύες, οι οποίοι υποστηρίζουν την επιθυμητή κίνηση, ενώ ανασταλτικές ώσεις διανέμονται στους νευρώνες

των ανταγωνιστών μυών της συγκεκριμένης κίνησης (Μανδρούκας, 2004).

2.4.2 Αμοιβαία αναστολή

Όταν διαταθεί ένας μυς, δραστηριοποιούνται οι μυϊκές άτρακτοι, των οποίων οι ώσεις μεταφέρονται στο νωτιαίο μυελό. Στα πρόσθια κέρατα του νωτιαίου μυελού γίνεται απευθείας σύναψη με τον α-κινητικό νευρώνα του μυός και έτσι πετυχαίνεται η σύσπαση του μυός με το μονοσυναπτικό μυοτατικό αντανακλαστικό. Παράλληλα, παράπλευρος κλάδος της κεντρομόλου νευρικής ίνας ενώνεται στο νωτιαίο μυελό με ενδιάμεσο νευρώνα, ο οποίος μεταφέρει ανασταλτικές ώσεις στον ανταγωνιστή μυ. Αυτές οι ανασταλτικές ώσεις προκαλούν χαλάρωση στον ανταγωνιστή μυ, η οποία είναι γνωστή ως αμοιβαία αναστολή. Όσο μεγαλύτερη είναι η δραστηριοποίηση των κεντρομόλων ιών στους αγωνιστές μυς, τόσο μεγαλύτερη είναι και η αναστολή στους ανταγωνιστές (Μανδρούκας, 2004).

2.4.3 Αντίστροφο μυοτατικό αντανακλαστικό ή αυτογενής αναστολή

Το αντίστροφο μυοτατικό αντανακλαστικό ή αυτογενής αναστολή, είναι το αντανακλαστικό, το οποίο εμφανίζεται σε υπερβολική διάταση ή υπερβολική σύσπαση της μυϊκής ίνας. Από τα σωμάτια Golgi, ξεκινάει ένα κεντρομόλο ερέθισμα, όταν ο μυς επιμηκυνθεί πέρα από τα όριά του. Αυτό το ερέθισμα φτάνει μέχρι τα κινητικά κύτταρα των πρόσθιων

κεράτων του νωτιαίου μυελού, προκαλώντας την σύσπαση του μυός και προστατεύοντάς τον από την υπερβολική επιβάρυνση ή τάση, η οποία μπορεί να προκαλέσει τραυματισμό. Αυτός ο μηχανισμός είναι ένας προστατευτικός μηχανισμός ασφαλείας για την πρόληψη των κακώσεων στους μυς, τους τένοντες και τους συνδέσμους.

Όταν η ένταση και η διάρκεια του ερεθίσματος της διάτασης είναι τέτοια ώστε ο μυς να υπερβαίνει τα όρια της επιμήκυνσής του και εμφανίζει μεγάλη τάση στους τένοντες, τότε προκαλείται χαλάρωση του μυός και απομάκρυνση της τάσης. Αυτός ο μηχανισμός της χαλάρωσης του μυός σε μια ισχυρή διάταση, ονομάζεται αντίστροφο μυοτατικό αντανακλαστικό. Η δράση του μηχανισμού οφείλεται στα κύτταρα του Renshaw, τα οποία όταν ερεθίζονται από μια ισχυρή τάση που αναπτύσσεται σε κάποιο μυ, εξασκούν ανασταλτική επίδραση στην κινητική νευρική ίνα, πριν αυτή καταλήξει στην τελική κινητική πλάκα.

Επομένως, αρχικά κατά τη διάταση ενός μυός, εκλύεται το μυοτατικό αντανακλαστικό, εάν όμως ο μυς εκταθεί τόσο ώστε να υπερβεί κάποιο όριο και να δημιουργηθεί τάση, κυρίως στα άκρα του, τότε εκλύεται το αντίστροφο μυοτατικό αντανακλαστικό και επέρχεται χαλάρωση και μείωση της τάσης στο μυ που διατείνεται (Μανδρούκας, 2004). Ο Sale (1988) σε έρευνα του συμπεραίνει ότι η έντονη βαλλιστική προπόνηση όπως είναι η πλειομετρική, σταδιακά μπορεί να αυξήσει το όριο ενεργοποίησης ή πυροδότησης του αντίστροφου μυοτατικού αντανακλαστικού.

2.5 Κύκλος διάτασης βράχυνσης

Όταν ένας μυς διατείνεται (έκκεντρη συστολή) άμεσα πριν συσπαστεί σύγκεντρα, παράγει μεγαλύτερη δύναμη από την ίδια σύσπαση αν δεν υπήρχε προδιάταση. Αυτή η διαδικασία μιας έκκεντρης συστολής που ακολουθείται άμεσα από μια σύγκεντρη συστολή είναι γνωστή ως κύκλος διάτασης- βράχυνσης (ΚΔΒ) (Grantham, 2005). Ένας μυς μπορεί να παράγει σημαντικά περισσότερο έργο όταν διατείνεται ενεργητικά πριν την συστολή σε σχέση με την ίδια συστολή. Σε έρευνα που εξετάστηκε η επίδραση του ΚΔΒ στην ποδοκνημική άρθρωση, διαπιστώθηκε ότι, όταν προηγήθηκε ραχιαία κάμψη πριν την πελματιαία κάμψη, η συμπεριφορά του ΚΔΒ στην αύξηση του έργου ήταν 20,2% και 45,5% σε αργές και γρήγορες κινήσει αντίστοιχα (Kubo et al 2000). Παράλληλα, το ενεργειακό κόστος είναι μικρότερο, για ένα συγκεκριμένο παραγόμενο έργο, όταν γίνεται χρήση του ΚΔΒ.

Ο μηχανισμός λειτουργίας του ΚΔΒ δεν είναι πλήρως γνωστός. Ωστόσο, τα εν σειρά ελαστικά στοιχεία των μυών σε πολλές περιπτώσεις συνεισφέρουν σημαντικά στην αυξημένη παραγωγή δύναμης, με την επαναφορά της ελαστικής ενέργειας που συσσωρεύεται κατά την προδιάταση. Έχει εκτιμηθεί ότι, κατά το τρέξιμο σε αργές ταχύτητες, οι μύες της γαστοκνημίας αποθηκεύουν 45 J υπό μορφή ελαστικής ενέργειας στο πρώτο μέρος της φάσης στήριξη, και παράγουν 60 J στο δεύτερο μέρος της φάσης στήριξης (Hofal, 1998). Έχει αποδειχθεί ότι η πλειομετρική προπόνηση βελτιώνει την ικανότητα της μυοτενόντιας μονάδας να αποδίδει την ελαστική ενέργεια (Reich, 2000). Ένας άλλος πιθανός μηχανισμός για την λειτουργία του ΚΔΒ είναι η ενεργοποίηση των μυϊκών ατράκτων που συντελείται από την δυναμική διάταση του μυός. Έχει αποδειχθεί ότι η δραστηριότητα των μυϊκών ατράκτων παρέχει μια σύντομη αλλά σημαντική διευκόλυνση στην μεταφορά των νευρικών

μηνυμάτων σε εκούσιες συστολές όταν υπάρχει προ- διάταση (Trimble, 2000). Επίσης, έχει αποδειχθεί ότι το δυναμικό παραγωγής δύναμης μειώνεται σημαντικά κατά την κόπωση που προκλήθηκε από την άσκηση μέσα στο ΚΔΒ και μετά από την αναστολή της λειτουργίας των μυϊκών ατράκτων (με ψυκτικά μέσα) (Jacobs et al, 1993; Oksa , 2000).

Ανεξάρτητα από τους μηχανισμούς που είναι υπεύθυνη για την λειτουργία του ΚΔΒ, το φαινόμενο αυτό συντελεί στην αποτελεσματική ανάπτυξη σύγκεντρης μυϊκής δύναμης σε πολλές αθλητικές δραστηριότητες. Παίκτες του ράγκμπι και του μπέιζμπολ συνήθως κάνουν μια δυναμική διάταση των καμπτήρων και των προσαγωγών του ώμου αμέσως πριν ρίξουν την μπάλα. Η ίδια κίνηση συμβαίνει στις μυϊκές ομάδες του κορμού και των ώμων στο τελευταίο σημείο της κίνησης προετοιμασίας του μπαστουνιού στο γκολφ και του ροπάλου στο μπέιζμπολ. Αθλητές της άρσης βαρών, κατά την εκτέλεση της τεχνικής επολέ-ζετέ, χρησιμοποιούν τον ΚΔΒ με μια γρήγορη κάμψη στην άρθρωση του γόνατος, για την βελτίωση της απόδοσης (Gourgoulis, 2000). Ο ΚΔΒ προάγει επίσης την αποθήκευση και την χρήση της ελαστικής ενέργειας κατά το τρέξιμο, ειδικά με την εναλλαγή της έκκεντρης και σύγκεντρης τάσης που συμβαίνει στον γαστροκνήμιο (Jacobs et al, 1993). Ερευνητές έχουν βρει ότι οι μύες, οι τένοντες και οι σύνδεσμοι των κάτω άκρων συμπεριφέρονται σαν ελατήριο κατά την διάρκεια του τρεξίματος, και ότι οι υψηλότερες ποσότητες διασκελισμού σχετίζονται με αυξημένη ελαστική σκληρότητα (Parley & Gonzalez, 1996). Έρευνες έχουν δείξει επίσης ότι η τοποθέτηση των βατήρων εκκίνησης σε γωνία 30 ή 50 σε σύγκριση με 70 ως προς το έδαφος, αυξάνουν επίσης την ταχύτητα εκκίνησης στους δρόμους ταχύτητας λόγω της επιπρόσθετης διάτασης που πραγματοποιείται στον αχίλλειο τένοντα (Guissard , 1992).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

3. Ισοκίνηση και αξιολόγηση - Γενικές αρχές

Η πλειομετρική αξιολόγηση περιλαμβάνει τον κύκλο επιμήκυνσης – βράχυνσης με την αλληλουχία έκκεντρης – σύγκεντρης μυϊκής συστολής, αλλά κατά την αξιολόγηση πρέπει τα δύο αυτά συστατικά της να αξιολογούνται και ξεχωριστά. Η ισοκινητική δυναμομετρία παρέχει τη δυνατότητα να μετρηθούν η έκκεντρη και η σύγκεντρη δύναμη ξεχωριστά σε κάθε κίνηση και να αξιολογηθεί η συμμετρία μεταξύ μελών ως προς αυτές, αλλά και η σχέση έκκεντρης προς σύγκεντρη σε κάθε κίνηση. Η ασφαλής και αποδοτική αποκατάσταση ακολουθούν συγκεκριμένα κριτήρια αποδεκτής ασυμμετρίας αλλά και σχέσεις μέγιστης δύναμης μεταξύ των δύο τύπων μυϊκής συστολής, με την έκκεντρη να υπερέχει πάντοτε σε φυσιολογικές καταστάσεις.

3.1 Αξιολόγηση της μυοσκελετικής δύναμης

Η ικανότητα του μύ να παράγει δύναμη μπορεί να αξιολογηθεί είτε με σταθερή είτε με δυναμική σύσπαση.

Ισομετρική (στατική) αξιολόγηση περιλαμβάνει το ποσό της έντασης που μπορεί να παράγει ένας μυς ενάντια σε μια αντίσταση χωρίς να

υπάρχει ορατή κίνηση της άρθρωσης. Η μέτρηση μπορεί να γίνει με τενσιόμετρα και δυναμόμετρα.

Ισοτονική (δυναμική) δύναμη, η εφαρμογή δύναμης μέσω όλου ή μέρους του εύρους τροχιάς της άρθρωσης, μπορεί να αξιολογηθεί μέσω μία σύγκετρης ή έκκεντρης δραστηριότητας. Μέτρηση μπορεί να γίνει μέσω αλτήρων, μπάρες, και διαφόρων μηχανημάτων αντίστασης. Η δύναμη ενός μυός αξιολογείται από το μέγιστο ποσό βάρους που μπορεί να σηκώσει μια φορά (1RM).

Η **ισοκινητική** άσκηση είναι η κίνηση που γίνεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα και μεταβαλλόμενη αντίσταση. Παράγεται μέγιστη μυϊκή τάση σε όλο το εύρος τροχιάς της άρθρωσης επειδή η αντίσταση μεταβάλλεται για να αντιστοιχεί στη μυϊκή τάση που παράγεται στα διάφορα σημεία της τροχιάς κίνησης (Prentice, 2004). Η έννοια της **ισοκινητικής** άσκησης περιγράφηκε για πρώτη φορά το 1967 από τους Hislop & Perrine. Επιπλέον εισήχθη στην επιστημονική λογοτεχνία και από τους Thistle et al το 1967, μέχρι σήμερα έχει παρουσιάσει μεγάλη εξέλιξη και ευρεία εφαρμογή. Από την έναρξη της ισοκινητικής έννοιας και ιδιαίτερα με την ανάπτυξη των ισοκινητικών μηχανημάτων στο πέρασμα του χρόνου, αυτή η μορφή άσκησης έγινε ένα πολύτιμο εργαλείο για την πρόληψη και την αποκατάσταση των αθλητών.

Πίνακας 3.1 : Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα για την αξιολόγηση της μυοσκελετικής δύναμης

	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
ΙΣΟΜΕΤΡΙΚΗ	<ul style="list-style-type: none"> -Χρήσιμη όταν υπάρχει ακινητοποίηση της άρθρωσης -χρειάζεται μικρός ή καθόλου εξοπλισμός 	<ul style="list-style-type: none"> -Η δύναμη δεν αυξάνεται το ίδιο σε όλες τις θέσεις της άρθρωσης - έλλειψη ανατροφοδότησης για την αύξηση δύναμης από ένα αντικείμενο
ΙΣΟΤΟΝΙΚΗ	<ul style="list-style-type: none"> -περιλαμβάνει ένα φυσικό στοιχείο έκκεντρης-σύγκεντρης αντίστασης -θετική ενίσχυση από προοδευτική αύξηση της αντίστασης -επιτρέπει την άσκηση πολλών αρθρώσεων ταυτόχρονα -είναι εύκολο να εκτελούνται ασκήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας (ΚΚΑ) 	<ul style="list-style-type: none"> -το ποσό της αντίστασης περιορίζεται σε ασθενέστερα ROM -αδυναμία να προσδιοριστεί ποσοτικά η ροπή, το έργο και η δύναμη -οι πιο δυνατοί μύες μπορεί να αντισταθμίσουν για ασθενέστερους στην ΚΚΑ
ΙΣΟΚΙΝΗΤΙΚΗ	<ul style="list-style-type: none"> -επιτρέπει την απομόνωση των αδύναμων μυϊκών ομάδων -προβάλλει μέγιστη αντίσταση καθ' όλη την διάρκεια της κίνησης -η προσαρμοζόμενη αντίσταση είναι ασφαλής -επιτρέπουν τον υπολογισμό της ροπής, του έργου και της δύναμης 	<ul style="list-style-type: none"> -υψηλό κόστος εξοπλισμού -οι αξιόπιστες αξιολογήσεις περιορίζονται μόνο σε συγκεκριμένους μύες - οι ασκήσεις προκύπτουν κυρίως από ΑΚΚ

3.2 Ισοκινητικό δυναμόμετρο

Τα ισοκινητικά δυναμόμετρα χρησιμοποιούνται στην αθλητιατρική εδώ και πολλά χρόνια ως μέσο αξιολόγησης (Osterning, 1986). Τα τελευταία χρόνια με την εξέλιξη των μηχανημάτων έχουμε περισσότερες δυνατότητες και έτσι όλο και συχνότερα τα ισοκινητικά δυναμόμετρα χρησιμοποιούνται ως μέσο αξιολόγησης της απόδοσης των αθλητών (Baltzopoulos, 1989; Kellis, 1995; Perrin, 1993). Η ισοκίνηση σε σχέση με άλλες μορφές αξιολόγησης έχει μοναδικά πλεονεκτήματα στην αξιολόγηση ορισμένων παραμέτρων της απόδοσης λόγω της δυνατότητας ελέγχου της ταχύτητας κατά την εκτέλεση της δοκιμασίας (Costrain, 1984).

Το ισοκινητικό δυναμόμετρο επιτρέπει να αξιολογήσουμε πόση δύναμη και γωνιακή ταχύτητα μπορεί να παράγει ένα μυς σε προκαθορισμένη ταχύτητα. Όταν η γωνιακή τιμή της κίνησης του άκρου είναι ίδια ή υπερβαίνει τα καθορισμένα όρια ταχύτητας, το δυναμόμετρο παράγει ίδια αντίρροπη δύναμη για να διασφαλίσει μια σταθερή τιμή κίνησης. Το άκρο, και όχι ο μυς, κινείται σε μια σταθερή τιμή. Μια σταθερή τιμή της γωνίας κίνησης του άκρου δεν συνοδεύεται από μία σταθερή τιμή βράχυνσης του μυός (Hinson et al, 1979).

Η ισοκινητική άσκηση είναι μια ασφαλή μέθοδος, σε σχέση με τις άλλες, σε ένα σταδιακό πρόγραμμα αποκατάστασης. Είναι πιο ασφαλή από την ισοτονική καθώς η αντίσταση μειώνεται- απενεργοποιείται όταν υπάρχει πόνο ή έντονη δυσφορία από τον ασθενή (Perrin, 1993).

Τα ισοκινητικά δυναμόμετρα πλέον μπορούν να προβάλλουν σύγκεντρη και έκκεντρη αντίσταση. οι ταχύτητες ποικίλλουν ανάλογα με το μηχάνημα, αν και το μέσο εύρος είναι από μηδέν ως 300°/sec στην έκκεντρη λειτουργία (Prentice, 2004). Κάποια μηχανήματα επιτρέπουν

σύγκεντρες ταχύτητες μεγαλύτερες από 500°/sec(Prentice, 2004). Τα δυο κυριότερα πλεονεκτήματα της ισοκινητικής άσκησης είναι η ικανότητα μέγιστης εξάσκησης σε όλο το εύρος τροχιάς της άρθρωσης και ικανότητα εξάσκησης σε διάφορες ταχύτητες για την προσομοίωση λειτουργικών δραστηριοτήτων (Wyatt & Edwards, 1981).

Αυτή η προσομοίωση είναι σχετική διότι οι ταχύτητες εκτέλεσης μια λειτουργικής δραστηριότητας υπερβαίνουν κατά πολύ τις ταχύτητες των ισοκινητικών δυναμομέτρων (Rothstein et al, 1987). Γωνιακές ταχύτητες που παράγονται από επαγγελματία στο μπίτζμπολ έχει αποδειχθεί ότι κυμαίνονται μεταξύ 6500 και 7200 degree/second (Dillman et al, 1990). Ταχύτητες που έχουν μετρηθεί στο ισχίο και στο γόνατο κατά την διάρκεια σουτ στο ποδόσφαιρο ξεπερνά τις 400 deg/sec και 1200 deg/sec, αντίστοιχα (Poulmedis et al, (1988).



Εικόνα 3.1: Ισοκινητικό δυναμόμετρο Biodex 3

3.3 Ισοκινητική αξιολόγηση

3.3.1 Παράμετροι

Πρώτα απ' όλα, η δύναμη (force) και η ροπή (torque) που χρησιμοποιούνται στην παγκόσμια βιβλιογραφία. Η δύναμη μπορεί να περιγραφεί καλύτερα ως ώθηση ή έλξη που παράγεται από τη δράση ενός αντικειμένου σε ένα άλλο. Η δύναμη μετριέται σε Pounds ή Newton. Η ροπή είναι η δύναμη που εφαρμόζεται κατά την διάρκεια μια περιστροφικής κίνησης. Μονάδα μέτρησης είναι foot-pounds ή Newton meters (Leveau, 1992). Η δύναμη και η ροπή αναφέρονται είτε σε μέση είτε σε μέγιστη παραγωγή δύναμης/ροπή. Η μέγιστη έχει να κάνει με το σημείο της υψηλότερης παραγωγής δύναμης/ροπή (Hageman & Sorenson, 1995), ενώ η μέση με την δύναμη/ροπή που παράγεται καθ' όλο το εύρος τροχιάς (Perrin, 1993).

Μια άλλη παράμετρος είναι το έργο (work) και η ισχύς (power). Το έργο είναι η δύναμη επί την μετατόπιση (Leveau, 1992). Ισχύς ορίζεται ως το ποσοστό κατά την εκτέλεση του έργου. Στοιχεία σχετικά με τα χαρακτηριστικά ισχύος καλύτερα αξιολογούνται με τον προσδιορισμό της ποσότητας του έργου που εκτελούνται σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Οι παράμετροι της αντοχής αξιολογούνται επίσης σε σχέση με μειώσεις της μέγιστης ροπής από την πρώτη επανάληψη έως την

τελευταία επανάληψη. Μια άλλη παράμετρος που μπορεί να αξιολογηθεί είναι ο χρόνος που χρειάζεται για να πέσει σε 50% η μέγιστη ροπή (Dviz, 1995).

3.3.2 Δοκιμασίες

Ισοκινητική αξιολόγηση εξαρτάται από πολλές διαφορετικές μεταβλητές για να παραγάγει μια αξιόπιστη δοκιμασία. Δύο από τις μεταβλητές είναι η ταχύτητα των δοκιμών και η θέση του αθλητή κατά τη διάρκεια της δοκιμής. Αυτές οι μεταβλητές πρέπει να ελέγχονται και να σταθερές από δοκιμή σε δοκιμή μεταξύ των αθλητών που εξετάζονται.

Η βιβλιογραφία παρέχει ένα ευρύ φάσμα δοκιμών ταχυτήτων για τα ανώτερα και τα κατώτερα άκρα ισοκινητικής αξιολόγησης (Hellwing & Perrin, 1990; Kues et al, 1992; Rothstein et al, 1987) προηγούμενες έρευνες προτείνουν ότι δοκιμασίες σε διαφορετικές ταχύτητες επιτρέπουν στον φυσικοθεραπευτή να δοκιμάσει διαφορετικά χαρακτηριστικά της μυοσκελετικής δύναμης και ισχύς (Davies, 1984). Το μεγαλύτερο μέρος του ισοκινητικού ελέγχου γίνεται σε μια θέση χωρίς τη φόρτιση του σωματικού βάρους, η οποία δεν είναι αντιπροσωπευτική για λειτουργικές δραστηριότητες.

Οι ταχύτητες ισοκίνησης ποικίλουν, σε γενικές γραμμές όμως οι 60°/sec θεωρούνται ως η βασική ταχύτητα σύγκεντρης ισοκινητικής εκτίμησης.

Οι έκκεντρες ταχύτητες ελέγχου τείνουν να διαφέρουν. Οι Hageman & Sorenson (Hageman & Sorenson, 1995) προτείνουν τις 150° /sec ως ανώτατο όριο για έκκεντρο έλεγχο του άνω άκρου στον γενικό πληθυσμό και τις 180° /sec για τον αθλητικό πληθυσμό.

Η συνενεργοποίηση των ανταγωνιστών μυών εμφανίζεται με μεγαλύτερη ταχύτητα δοκιμής (Hagoood, 1990). Η ενεργοποίηση αυτή συμβαίνει διότι το ανταγωνιστικό μυϊκό σύστημα παράγει δύναμη για να επιβραδύνει το βραχίονα στο πλαίσιο της προετοιμασίας για το τελικό σημείο της στο εύρος της κίνησης σε ΑΚΑ. Αμοιβαίος έλεγχος των ανταγωνιστικών μυών μπορεί να μην είναι ακριβής σε υψηλότερες ταχύτητες, λόγω της αυξημένη δύναμη που παράγεται μεταξύ των ανταγωνιστικών μυών.

3.4 Ερμηνεία διαγραμμάτων

Εντοπίζονται ειδικές σχέσεις στην δύναμη, ροπή, έργο, ισχύ κατά την διάρκεια ισοκινητικών δοκιμών για να καθορίσουν τις διαφορές μεταξύ των δύο εξεταζόμενων άκρων. Η πιο συχνή χρησιμοποιούμενη αναλογία είναι η μέγιστη/ μέση αναλογία ροπής μεταξύ τραυματισμένου/ μη- τραυματισμένου άκρου αναλογία. Η φυσιολογική μέγιστη και μέση αναλογία δύναμη/ροπή σε σύγκριση τραυματισμένου και μη τραυματισμένου άκρου συνήθως χρησιμοποιείται το 85-90% για να επιστρέψει ο αθλητής στην άσκηση (Perrin et al, 1987). Καλό πάντως είναι οι φυσικοθεραπευτές να μην παίρνουν μόνο ως κριτήριο τα ποσοστά των αναλογιών αυτών, επειδή οι λειτουργικές δραστηριότητες της άσκησης έχουν πολλές μεταβλητές (Greenberger & Paterno, 1995; Lephart et al, 1992; Ostenberg et al, 1998; Valovich et al, 2001

3.5 Αναλογία αγωνιστή / ανταγωνιστή

Η αναλογία αυτή είναι επίσης πολύ συχνή για την ισοκινητική αξιολόγηση. Η αναλογία μεταξύ δικεφάλου/ τετρακέφαλου είναι η πιο αναλυόμενη. Δεδομένου αξιολόγησης Cybex, ένα 66 % αναλογία μεταξύ δικεφάλου/ τετρακέφαλου στις 60 μοίρες/δευτερόλεπτο είναι μια κανονική ισχύς(Davies, 1984).

Η αναλογία καμπτήρων/ εκτεινόντων μυών του γόνατος στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ως δείκτης μυϊκής ισορροπίας ή ανισορροπίας γύρω από την άρθρωση του γόνατος και είναι πολύ σημαντική λόγω της πολυπλοκότητας της άρθρωσης και της συχνότητας που παρουσιάζονται τραυματισμοί σε αυτή (Baltzopoulos & Kellis, 1993; Kellis & Baltzopoulos, 1995; Baltzopoulos & Brodie 1989).

Επίσης, μια αναλογία καμπτήρων εκτεινόντων μυών του γόνατος γύρω στο 60% είναι αποδεκτή από γιατρούς και φυσικοθεραπευτές (Baltzopoulos & Kellis, 1993; Kellis & Baltzopoulos, 1995). Τα τελευταία χρόνια διαπιστώθηκε ότι αυτή η αναλογία αυτή αφορά το γενικό πληθυσμό και όχι τους αθλητές. Για παράδειγμα στους νεαρούς αθλητές του ποδοσφαίρου οι αναλογίες κυμαίνονται από 65,4-67,5% στο πόδι προτίμησης και από 62,2- 64,7% για το άλλο πόδι (Gerodimos, 1999)

Ομοίως, αγωνιστή / ανταγωνιστή ποσοστά έχουν προσδιοριστεί για την άλλες ομάδες μυών, όπως του ώμου, έσω και έξω περιστροφής .

3.6 Η αναλογία έκκεντρης/συγκεντρη

Η σύσπαση εξαρτάται από την εντολή της μυϊκής δύναμης όπως έχει επιβεβαιωθεί από μελέτες για τον αγκώνα(Rodgers & Berger 1974, Griffin 1987, Hortobagyi 1995), για την ωμοπλάτη(Dvir,1995), για το ισχίο(Olson et al,1972), για το γόνατο(Colliander ,1989). Ένα σημαντικό αποτέλεσμα αυτής της αρχής εκφράζεται με την αναλογία της μέγιστης έκκεντρης ροπής προς την μέγιστη σύγκεντρη ροπή γνωστό ως E/C. Το μέγεθος των ροπών που παράγεται και από τις δύο συσπάσεις εξαρτάτε από την ταχύτητα (αν και λιγότερο στην έκκεντρη). Κατά συνέπεια, η E / C αναλογία είναι εξαρτώμενη από την ταχύτητα και αυξάνει αναλογικά για τη δοκιμασία ταχύτητας (Dvir 1995, Perrin 1993).

Οι υπάρχουσες γνώσεις σχετικά με το εύρος αυτής της αναλογίας είναι κυρίως για χαμηλό- μέτριο μέσο στον τομέα του φάσματος της ταχύτητα, επειδή η χρήση της υψηλής ταχύτητας για τη μελέτη της εκκεντρικής απόδοση των μυών, δεν είναι χωρίς κινδύνους. Στον πίνακα 3.2 φαίνονται τα ακόλουθα ευρήματα από την E/C αναλογία σε φυσιολογικά άτομα. Κάποιες εξαιρέσεις έχουν σημειωθεί, με μια γενική τάση προς υψηλότερες τιμές, αλλά το μεγαλύτερο όριο έχει παραμείνει σε μεγάλο βαθμό το 2.0(Dvir,1995).

Πίνακας 3.2: Αναλογίες της E/C σε φυσιολογικά άτομα(τροποποιημένος από Dvir,1995)

Άρθρωση	E/C εύρος	Εύρος γωνιακής ταχύτητας	Αρθρογράφος
Γόνατο	1.1-1.5	45-180	Kramer & McDerimid 1989
	1.3-1.7	60-180	Rizzardo et al 1988
	1.2-1.6	30-150	Colliander & Tesch 1989

Αγκώνας	1.1-1.3	30-120	Griffin 1987
	1.4-1.7	30-120	Horobagyi & Katch 1990
Ώμος	1.1-1.2	60-180	Dvir & Shklar 1993

Διάφοροι ερευνητές(Griffin, 1987 ; Hortobagyi and Katch, 1995 ; Colliander and Tesch ., 1989; Kramer and MacDermid 1989) έχουν δείξει συνεπή συμπεράσματα για τους δείκτες E / C σε υγιή άτομα και, με λίγες μόνον εξαιρέσεις, το ανώτερο όριο έχει βρεθεί να είναι περίπου 2,0.

Αποκλίσεις από αυτό το εύρος έχουν αναφερθεί σε παθολογικές καταστάσεις. Ο Bennett και Stauber δοκίμασαν σε ασθενείς με προβλήματα στο γόνατο οι οποίοι έδειξαν μια έλλειψη σε αργή ταχύτητα έκκεντρης άσκησης. Βρήκαν ένα ιδιαίτερα χαμηλός E / C μικρότερο από 0,85, και προτείνεται ότι αυτό ήταν μια πιθανή πηγή επιγονατιδικών προβλημάτων. Το πρόβλημα προτάθηκε να συνδέεται με ένα λάθος στον νευροκινητικό έλεγχο στον τετρακέφαλο, ενώ μια άλλη περισσότερο εφικτή εξήγηση μπορεί να είναι η επιλεκτική αναστολή της έκκεντρης επίδοσης του τετρακεφάλου ως αποτέλεσμα του πόνου. Το συμπέρασμα αυτό συζητήθηκε από την Trudelle-Jackson et al το 1989. Αμφισβήτησαν το χαμηλότερο άκρο του προτεινόμενου εύρους ισχυριζόμενοι ότι περίπου το 50% των ασυμπτωματικών τους ατόμων που εξετάστηκαν έκκεντρα και σύγκεντρα σε μια αργή ταχύτητα για το γόνατο είχε μια E /C μικρότερη από 0,85. Άλλοι έχουν επίσης δείξει την πρόταση αυτή να ισχύει σταθερά ακόμη και με την παρουσία παθολογίας (Conway et al, 1992).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

4. Πλειομετρική προπόνηση – Πλειομετρία

Η πλειομετρική προπόνηση είναι ένα είδος προπόνησης που χρησιμοποιείται από αθλητές διαφόρων αθλημάτων με σκοπό να βελτιώσουν την δύναμη και την εκρηκτικότητά τους (Chu, 1998). Η αποθήκευση ελαστικής ενέργειας μέσα στο μύ χρησιμοποιείται στο να παράγει μεγαλύτερη ποσότητα δύναμης από ότι στην σύγγκετρη συστολή (Asmussen & Bonde- Peterson, 1974; Cavagna, 1977; Komi, 1992; Miller, et al., 2002; Pfeiffer, 1999; Wathen, 1993).

Πολλά άρθρα έχουν δημοσιευτεί σχετικά με την επίδραση της πλειομετρικής άσκησης στην βελτίωση της δύναμης (Bedi et al, 1987; Bobbert, 1990) και στην αύξηση της απόδοσης του κάθετου άλματος (Adams et al, 1992; Blattner & Noble, 1979; Bobbert 1990; Brown et al, 1986; Clutch et al., 1983; Holcomb et al, 1996; Wilson et al, 1993).

Οι έρευνες έχουν δείξει ότι η πλειομετρική προπόνηση, όταν χρησιμοποιείται με προγράμματα περιόδων προπόνησης με δύναμη, μπορεί να συμβάλει στην βελτίωση του κάθετου άλματος, στην επιτάχυνση, στην δύναμη των κάτω άκρων, στην μυοσκελετική δύναμη, και βελτίωση της ιδιοδεκτικότητας. (Adams et al, 1992; Anderst et al, 1994; Bedi et al, 1987; Bobbert, 1990; Brown et al, 1986; Clutch et al, 1983; Harrison & Gaffney, 2001; Hennessy & Kilty, 2001; Hewett et al, 1996; Holcomb et al, 1996; Miller et al, 2002; Paasuke et al, 2001; Potteiger et al, 1999; Wilson et al, 1993).

4.1 Πλειομετρία

Η γρήγορη προ-διάταση του μύος ενεργοποιεί το μυοτατικό αντανακλαστικό, το οποίο με την σειρά του παράγει μεγάλη τάση με την επιμήκυνση της μυϊκής ίνας. Εκτός από την αυξημένη τάση, η απελευθέρωση της ελαστικής ενέργειας δια μέσου των ελαστικών στοιχείων του μύος, κάνει την σύγκεντρη προσπάθεια της πλειομετρικής προπόνησης να είναι μεγαλύτερη από ότι ήταν μεμονωμένη. (Komi & Bosco, 1979).

Μερικές νευρομυϊκές συναρμογές έχουν προταθεί ως αποτελέσματα των πλειομετρικών ασκήσεων (Πίν. 4.1), και ασκήσεις τέτοιου είδους έχουν αυξήσει την μέγιστη παραγωγή δύναμης (Potteiger, 1999). Συγκρίνοντας της πλειομετρικές ασκήσεις με με τις άλλες ισοτονικές ασκήσεις αντίστοιχα βλέπουμε τα πλεονεκτήματα αυτής της προπόνησης (Lees & Graham-Smith, 1996). Ένα πλειομετρικό άλμα από μια βαθιά κάμψη του γόνατος δίνει 22% λιγότερη ενέργεια, 9% περισσότερη δύναμη και 40% περισσότερη απόδοση (Lees & Graham-Smith, 1996).

Πίνακας 4. 1: Μυϊκή δύναμη και χαρακτηριστικά της ίνας ακολουθώντας 8 εβδομάδες πλειομετρικό πρόγραμμα (τροποποιημένο από Source Potteiger, J.A.(1999))

Προτεινόμενη νευρομυϊκή προσαρμογή στην πλειομετρική προπόνηση
--

Αύξηση της αναστολής των ανταγωνιστών μυών Καλύτερη συνεργασία μεταξύ των συνεργών μυών Αναστολή των νευρικών προστατευτικών μηχανισμών Αύξηση της ευερεθιστότητας του κινητικού νευρώνα

4.2 Πρακτικοί παράγοντες της πλειομετρικής προπόνησης

Οι πλειομετρικές ασκήσεις είναι αποτελεσματικές μόνο όταν μια σύγκεντρη σύσπαση συμβεί αμέσως από μια προδιάταση (έκκεντρη). Αν υπάρξει μια παύση στην δραστηριότητα, μερικά από τα οφέλη θα χαθούν, όπως η ελαστική ενέργεια, καθώς και η αλλαγή επίδραση του αντανεκλαστικού διάτασης (Voight & Draonitch, 1991). Η ικανότητα να ανακτούν την αποθηκευμένη ελαστική ενέργεια μέσω του ιστού εξαρτάται από τη χρονική περίοδο μεταξύ της σύγκεντρης και έκκεντρης δραστηριότητας, γνωστός και ως χρόνος σύνδεσης (coupling time). Η αποθήκευση ελαστικής ενέργειας είναι αποτελεσματική σε ταχύτητες μεγαλύτερες 6,5m/s (Cavagna & Citterio, 1974). Η αποθηκευμένη ελαστική ενέργεια στους εκτεινόντες του ποδιού έχει χρόνο ημιζωής 4s και ο χρόνος σύζευξης σύγκεντρης-έκκεντρης συστολής κατά την πλειομετρική άσκηση έχει χρόνο ημιζωής 23ms (Lees & Graham-Smith, 1996).

Η πλειομετρική δραστηριότητα χωρίζεται σε τρεις φάσεις: 1) την έκκεντρη προ-φόρτηση φάση 2) φάση απόσβεσης και 3) την σύγκεντρη φόρτοση φάση όπου η ελαστική ενέργεια αποθηκεύεται στα κατά σειρά

ελαστικά στοιχεία (Bosco et al, 1981; Cavagna & Citterio, 1974; Cavagna et al, 1968; Cavagna et al, 1965)

4.3 Χρήση πλειομετρικής προπόνησης

Αυτό το είδος προπόνησης είναι πολύ ενδιαφέρον και πρέπει μόνο να χρησιμοποιείται μετά από ένα ολοκληρωμένο ζέσταμα, και συχνά προς το τέλος της προπόνησης (Norris, 2007). Για την εκτέλεση πλειομετρικών ασκήσεων, οι αθλητές χρειάζονται μια καλή 'βάση' δύναμης, και η ιδιοδεκτική τους δράση πρέπει να ελέγχεται αρχικά πριν την προπόνηση, χρησιμοποιώντας μονοποδική στήριξη (μάτια κλειστά, να κρατούν την θέση τους για 30 δεύτερα). Ασφαλής παράγοντας είναι και η κατάλληλη ενδυμασία και αθλητικά παπούτσια με αντιολισθητική επιφάνεια.

Σύμφωνα με τον Norris, 2007, 25 επαναλήψεις drop jump από το ύψος του 1.0m οδηγούν σε 1.77mm νωτιαία συρρίκνωση, έτσι αυτός ο τύπος άσκησης δεν είναι κατάλληλος για άτομα με ιστορικό πόνου στην ΟΜΣΣ από δυσκογενή προέλευση. Σε κανονικό περπάτημα, οι δυνάμεις επιβράδυνσης έχουν υπολογιστεί στα 3g (three times earth's normal gravity), ενώ στο drop jump από τα 0.4m είναι 23g (Lees and Graham-Smith, 1996). Έτσι δεν είναι κατάλληλες για άτομα με ιστορικό αρθρίτιδας στα κάτω άκρα ή στην ΣΣ.

Υπάρχουν τριών ειδών ασκήσεις που συχνά χρησιμοποιούνται : στατικές (in-place), μικρής απόκρισης (short-response), μακράς απόκρισης (long-response) (Πιν. 4.2).

Πίνακας 4.2: Πλειομετρικές ασκήσεις κάτω άκρων (τροποποιημένο από Norris 2007)

Είδος άσκησης	Κίνηση	Περιγραφή
Στατική	Στατικό άλμα(standig jumps)	Άλμα και προσγείωση στο ίδιο σημείο, έμφαση στην κάθετη συνιστώσα του άλματος
	Άλμα πτώσης(drop jumps)	Χρήση βαρύτητας και σωματικού βάρους για αύξηση της ανίστασης και έμφαση στην έκκεντρη συνιστώσα της κίνησης
	Πηδηματάκια (hopping)	Δύναμη, zig-zag, ή πηδηματάκια με περιστροφή στο ίδιο σημείο
Μικρής απόκρισης (short-response),	Σταθερό ευρή άλμα(Standing broad jump)	Έμφαση στην οριζόντια συνιστώσα του άλματος
	Σταθερό τριπλό άλμα (Standing triple jump)	Συνδιάζει μερικά άματα και πηδηματάκια σε απόσταση
	Box jumps	Άλμα σε αντικείμενο, έμφαση και στη κάθετη και στην οριζόντια συνιστώσα του άλματος
Μακράς απόκρισης (long-response)	οριοθέτηση (Bounding)	Μεγαλύτερη οριζόντιο εύροςσε σχέση με άλλο. Ένα/δύο/εναλλαγή ποδιών
	Πηδηματάκια (hopping)	επαναλαμβανόμενοι συνδιασμοί δύναμης/zig-zag/περιστροφικά αλματάκια
	Επαναλαμβανόμενα με εμπόδια άλματα(Repeated)	οριζόντια και κάθετα άλματα, συνιστώσα για αντοχή

	hurdle jumps)	
--	---------------	--

Οι πλειομετρικές ασκήσεις χρησιμοποιούνται στα τελευταία στάδια αποκατάστασης και ως λειτουργικές προ-αγωνιστικές δοκιμασίες (αξιολογήσεις) μετά από τραυματισμούς (Norris, 2007). Οι προσαρμογές που παράγονται από αυτόν τον τύπο δραστηριότητας μέσω προηγούμενου μυϊκού τραυματισμού είναι πιθανό να γίνει πιο ικανός να αντέχει τις εκρηκτικές προσπάθειές, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μειώνει τον κίνδυνο ξανατραυματισμού (Norris, 2007).

Χρησιμοποιώντας υψηλής έντασης ασκήσεις στο τελικό στάδιο αποκατάστασης στον αθλητή με τραυματισμό, επιτρέπουμε σε αυτόν να αποκτήσει την χαμένη δύναμη στο άκρο, αλλά χωρίς τις πλειομετρικές ασκήσεις είναι πιθανόν το άκρο να μην ανταπεξέρθει σε κατάσταση ανταγωνισμού (Norris, 2007).

Η πλειομετρική προπόνηση χρησιμοποιείται στο τελικό στάδιο της αθλητικής αποκατάστασης για να εξασφαλίσει κατάλληλη προετοιμασία των μυών ενός αθλητή και των δεξιοτήτων για τις απαιτήσεις του συγκεκριμένου αθλήματος (Timm & Davies, 1991). Η δυνατότητα ανάπτυξης υψηλών επιπέδων συσταλτής δύναμης, στην πλειομετρική προπόνηση, μεταφράζεται σε μια μεγάλη ικανότητα εκτέλεσης λειτουργικών και αθλητικών δραστηριοτήτων καθώς και μια μεγάλη ανθεκτικότητα στους μυοτενόντιους τραυματισμούς (Stauber 1989, Timm & Davies 1991, Wilson et al 1991).

Η πλειομετρικές ασκήσεις αποτελούνται από: καθίσματα βάθους (depth jumps), ένα ή δυο πόδια αλματάκια, με ή χωρίς ασκήσεις οριοθέτησης οι οποίες χρησιμοποιούνται στο να προετοιμάσουν των

ασθενή για τον αγώνα. Σε αυτά τα άλματα ο ασθενής πηδάει σε μία υπερυψωμένη επιφάνεια.

Πέντε αρχές χρησιμοποιούνται για τον προγραμματισμό της πλειομετρικής δραστηριότητας, αυτές είναι :ο αριθμός των επαναλήψεων, ο αριθμός των σετ, το διάστημα της ανάπαυσης, η συχνότητα και το ύψος του άλματος. Με βάση τις μυϊκές αποδόσεις, ο βέλτιστος αριθμός των επαναλήψεων κυμαίνεται 8-10 (Timm & Davies 1991). Υπάρχει κάποια για τον βέλτιστος αριθμός των σετ που χρησιμοποιούνται στην πλειομετρική προπόνηση. Η γερμανική λογοτεχνία προτείνει τη χρήση των έξι έως δέκα σετ, ενώ η ρωσική υποστηρίζει μόνο τρία με έξι (Timm & Davies 1991) ενώ η αμερικανική λογοτεχνία ποικίλλει μεταξύ των δύο (Timm & Davies 1991). Το βέλτιστο διάλειμμα είναι τουλάχιστον ένα λεπτό, όχι όμως περισσότερο από δύο λεπτά, μεταξύ των σετ άσκησης (Timm & Davies 1991). Το ποσό αυτό ανάπαυσης είναι αναγκαίο για την επαρκή αποκατάσταση των μυών, ανάμεσα στις περιόδους υψηλής έντασης της πλειομετρικής προπόνησης (Wilson et al 1991). Μικρότερης ανάπαυσης χρονικό διάστημα μπορεί να προκαλέσει ζημία στον ιστό , ενώ μεγαλύτερος χρόνος ανάπαυσης δημιουργεί μείωση της αποδοτικότητας των επιδόσεων (Wilson et al 1991). Το χρονικό διάστημα μεταξύ των επαναλήψεων θα πρέπει να είναι πολύ μικρό για να καταστεί δυνατή η αποτελεσματική κατάρτιση των μυών (Timm & Davies 1991, Wilson et al 1991).

Τέλος, τα βέλτιστα όρια που υπάρχουν για τα ύψη τα οποία χρησιμοποιούνται για πλειομετρικά άλματα βάθους είναι άλμα κάτω από ύψος των 29 ιντσών (0,74 μ.) χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη βέλτιστων μυών ταχύτητας κατά τη διάρκεια μιας λειτουργικής δραστηριότητας, ενώ σε ύψος 43 ιντσών (1,09 μέτρα) χρησιμοποιείται

για να ενισχύσει τη βέλτιστη δυναμική μυϊκή αντοχή (Timm & Davies 1991). Άλμα από ύψος λιγότερο από 29 ιντσών (0,74 μ.) δεν επιτρέπει την επαρκή φόρτωση των συνδετικών ιστών κατά τη διάρκεια της εκκεντρικής φάσης της πλειομετρικής προπόνησης το οποίο, με τη σειρά του, μειώνει την αποτελεσματικότητα της άσκησης για αύξηση δύναμης. Αντίθετα, άλματα από ύψος μεγαλύτερο των 43 ιντσών (1,09 μ.), έχουν σαν αποτέλεσμα ο χρόνος και η ενέργεια που απαιτείται για να αμβλύνουν τη δύναμη της πτώσης του σώματος προς το έδαφος υπερβαίνει την ικανότητα του μυ να αναπτύξει δύναμη κατά τη διάρκεια σύγκετρης φάσης της πλειομετρικής προπόνησης, δημιουργώντας κινδύνους τραυματισμού των ιστών και, συνεπώς, διαψεύδει το σκοπό της πλειομετρικής προπόνησης (Timm & Davies 1991). Η χρήση σε αυτά τα βέλτιστα ύψη, μαζί με τις άλλες τέσσερις αρχές θα εξασφαλίσουν τη μέγιστη αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα του πλειομετρικού προγράμματος άσκησης, το οποίο θα αρχίσει να αποφέρει θετικά αποτελέσματα σε μόλις δύο εβδομάδες και το οποίο θα βελτιστοποιήσει τη δύναμη μυών μετά από οκτώ εβδομάδες (Timm & Davies 1991).

4.4 Προοδευτικότητα πλειομετρικών ασκήσεων

Οι πλειομετρικές ασκήσεις θα πρέπει να είναι προσαρμοσμένες ανάλογα με το επίπεδο του αθλητή. Στην αρχή του προγράμματος αποκατάστασης ο φυσικοθεραπευτής θα πρέπει να σχεδιάσει ένα πρόγραμμα με χαμηλής έντασης πλειομετρικών ασκήσεων. Στη συνέχεια και όταν ο ασθενής – αθλητής μπορεί να ανταπεξέλθει σε μεγαλύτερες φορτίσεις σχεδιάζουμε ένα πρόγραμμα μέτριας και υψηλής έντασης.

Ο φυσικοθεραπευτής σχεδιάζοντας το πρόγραμμα μπορεί να τροποποιεί τα στοιχεία της άσκησης αυξάνοντας την δυσκολία του προγράμματος. Για παράδειγμα αλλάζοντας την κλίση του επιπέδου από επίπεδο σε ανηφορικό, προσθέτοντας από ένα κουτί σε δύο, οριοθετώντας την περιοχή, τοποθετώντας επιπλέον εμπόδια, ακόμα ο αθλητής να κρατάει κάποιο βάρος και να κάνει την άσκηση και πολλά ακόμα (Lord & Campagna, 1997).

Στοιχεία Άσκησης	Χαμηλής έντασης	Μέτριας έντασης	Υψηλής έντασης
Κλίση επιπέδου	Επίπεδο	Κεκλιμένη επιφάνεια; χαμηλής κλίσης	Υψηλής κλίσης
Κουτί	Aerobic Step	Μικρό Κουτί	Μεγάλο Κουτί
Σκάλες	-	Ανωφέρεια	Κατωφέρεια
Ελαστικοί σωλήνες	-	Ελαστική αντίσταση	Υψηλή ελαστική αντίσταση
Εμπόδια	-	Χαμηλό εμπόδιο	Υψηλό εμπόδιο
Βάρος	-	Γιλέκο με μικρού-μεσαίου μεγέθους βάρος	Γιλέκο με μεγάλου μεγέθους βάρος
Εύρος Κίνησης	Μικρό εύρος	Με τα δύο πόδια	Με το ένα πόδι

Πίνακας 4.3: Προοδευτικότητα πλειομετρικών ασκήσεων
(τροποποιημένος από Enhan P. 1999)

4.5 Πλειομετρικό πρόγραμμα αποκατάστασης-προϋποθέσεις

Πριν από την έναρξη της πλειομετρικής προπόνησης, θα πρέπει να υπάρχει μια επαρκής βάση δύναμης των μυών (Prentice 2004). Οι λειτουργικές δοκιμασίες είναι αρκετά αποτελεσματικές για να εξακριβώσουμε την δύναμη και την ικανότητα του μυός. Για παράδειγμα, η κακή δύναμη στα κάτω άκρα θα έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια της σταθερότητας κατά την προσγείωση καθώς και αύξηση της πίεσης στους τραυματισμένους ιστούς με αποτέλεσμα να έχουμε μείωση στην απόδοση και αύξηση στον κίνδυνο τραυματισμού (Prentice, 2004). Για το λόγο αυτό ο Prentice προτείνει τις εξής δοκιμασίες:

- Δοκιμασία σταθερότητας: την χωρίζει σε στατική δοκιμασία και δυναμική δοκιμασία. Η στατική δοκιμασία καθορίζει τη ικανότητα του ατόμου να σταθεροποιεί και να ελέγχει το βάρος του σώματός του. Οι μύες θα πρέπει να είναι ισχυροί ώστε να αντέχουν την πίεση των εκρηκτικών ασκήσεων που απαιτεί η πλειομετρική προπόνηση. Οι βασικές στατικές δοκιμασίες είναι ο ασθενής να στέκεται με το ένα πόδι για 30 δευτέρα με ανοικτά και στην συνέχεια με κλειστά μάτια (Πίνακας 4.4). Ένα το άτομο δεν μπορεί να σταθεί τότε θα πρέπει να ελεγχθούν οι συγκεκριμένες αδυναμίες και να διορθωθούν.

Πίνακας 4.4: Βασικές στατικές δοκιμασίες

Στατική δοκιμασία

- Μονοποδική στάση - 30 sec
 - Μάτια ανοικτά
 - Μάτια κλειστά
- Μονοποδική 25% Squat - 30 sec
 - Μάτια ανοικτά
 - Μάτια κλειστά
- Μονοποδική 50% Squat - 30 sec
 - Μάτια ανοικτά
 - Μάτια κλειστά

• Δυναμική δοκιμασία θα αξιολογήσει την ικανότητα του ατόμου να παράγει εκρηκτική και συντονισμένη κίνηση. Κάθετο άλμα με τα δύο ή με το ένα πόδι και την απόσταση που έκανε μπορεί να μας καθορίσει την ετοιμότητα του για την επιστροφή στην προ του τραυματισμού κατάσταση. Για παράδειγμα σε τραυματισμό του γόνατος μια καλή σύγκριση είναι το ποσοστό να είναι 85% σε σχέση με το υγιές (Prentice 2004).

• Μια άλλη σημαντική προϋπόθεση για την πλειομετρική προπόνηση είναι η ευκινησία (flexibility). Διότι ένα υψηλό ποσοστό πίεσης εφαρμόζεται στο μυοσκελετικό σύστημα κατά την διάρκεια των πλειομετρικών ασκήσεων. Συνεπώς όλες οι πλειομετρικές ασκήσεις θα πρέπει να ξεκινούν με μια γενική προθέρμανση και ένα πρόγραμμα διατάσεων (Prentice 2004). Η προθέρμανση θα πρέπει να προκαλεί ήπια εφίδρωση (Prentice, 2004). Επιπλέον, οι διατάσεις θα πρέπει να επικεντρώνονται στους μύες όπου συμμετέχουν ενεργά στο πλειομετρικό πρόγραμμα και θα πρέπει να περιλαμβάνουν και στατικές και δυναμικές τεχνικές διατάσεων (Javorek, 1989).

4.6 Πλειομετρική προπόνηση και ευκινησία

Οι πλειομετρικές ασκήσεις συχνά χρησιμοποιούν «σταμάτημα», «ξεκίνημα» και αλλαγές κατεύθυνσης με εκκρηκτικό τρόπο. Αυτές οι κινήσεις βοηθούν στην ανάπτυξη της ευκινησίας (Craig, 2004; Miller et al., 2006; Parsons et al., 1998; Yap et al., 2000; Young et al., 2001). Ευκινησία σύμφωνα με τους Twist & Benickly είναι η ικανότητα να διατηρείς ή να ελέγχεις την θέση του σώματος ενώ γρήγορες αλλαγές κατεύθυνσης συμβαίνουν κατά την διάρκεια μιας σειράς κινήσεων (Twist & Benickly, 1996). Η προπόνηση ευκινησίας είναι μία ενίσχυση του κινητικού προγράμματος δια μέσου της νευρομυικής κατάστασης και της νευρωνικής προσαρμογής της μυικής ατράκτου, των τενόντιων οργάνων golgi και της ιδιοδεκτικότητας των αρθρώσεων (Barnes & Attaway, 1996; Craig, 2004, Potteiger et al., 1999). Οι πλειομετρικές δραστηριότητες χρησιμοποιούνται στα αθλήματα όπως το ποδόσφαιρο, το τέννις, το αμερικάνικο ποδόσφαιρο και σε άλλα αθλήματα όπου η ευκινησία είναι χρήσιμη για τους αθλητές (Parsons & Jones, 1998; Renfro, 1999; Robinson & Owens, 2004; Roper, 1998; Yap & Brown, 2000).

Ο Miller και οι συνεργάτες (2006) σε έρευνα που έκαναν απέδειξαν ότι με έξι εβδομάδες πλειομετρική προπόνηση μπορεί να βελτιώσει την ευκινησία του ένας αθλητής. Πιο συγκεκριμένα, όρισαν δύο ομάδες των δεκατεσσάρων ατόμων όπου η πρώτη ομάδα προετοιμάστηκε σε έξι εβδομάδες πλειομετρική προπόνηση και η δεύτερη ομάδα ήταν η ομάδα ελέγχου όπου στην προπόνηση της δεν πήραν μέρος πλειομετρικές ασκήσεις. Όλα τα άτομα πήραν μέρος σε δύο δοκιμασίες ευκινησίας πριν

και μετά, αυτές ήταν: T- test και Illinois Agility Test , Force Plate Test. Τα αποτελέσματα έδειξαν βελτίωση της ευκινησίας στα άτομα που έκαναν και πλειομετρικές ασκήσεις. Αυτό σύμφωνα με τους ερευνητές οφείλεται στην βελτίωση της επιστράτευσης της κινητικής μονάδας (Potteiger et al. 1999) καθώς και στην βελτίωση του συντονισμού μεταξύ του ΚΝΣ και της ιδιοδεκτικής επανατροφοδότησης (Craig, 2004).

4.7 Η αρνητική επίδραση της πλειομετρικής άσκησης στην μικροδομή των ανθρώπινων ινιδίων

Η πλειομετρική άσκηση θεωρείται ως η κυριότερη αιτία καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) (Armstrong et al, 1983) , συνοδεύεται από κράμπες και οίδημα. Μολονότι, σε σχέση με τη σύγκεντρη συστολή, για την εκτέλεση έκκεντρης συστολής απαιτείται λιγότερη ATP, λιγότερο O₂ και μικρότερη επιστράτευση μυϊκών ινών (Asmussen 1952; Marieb 1995), το είδος αυτό της άσκησης επιφέρει εστιακές και διάχυτες καταστροφές των μυοϊνιδίων. Μελέτες ανάλυσης της μικροδομής των μυοϊνιδίων με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο συγκλίνουν στο ότι η κατεξοχήν προσβληθείσα δομή είναι οι γραμμές Z (Friden, 1981). Η αποδιοργάνωση των γραμμών Z, όπως και της A και I ζώνης είναι επίσης ευρήματα παρόντα και στο χώρο της μυϊκής παθολογίας (Swash & Schwartz, 1988). Οι παθοφυσιολογικοί μηχανισμοί πρόκλησης

βλαβών στα μυοϊνίδια παραμένουν ανεξιχνίαστοι. Φαίνεται πως οι γραμμές Z αποτελούν την πιο ευπαθή μορφή της αρχιτεκτονικής διάταξης των μυονηματίων. Οι Dunkan & Jackson (1987) αποδίδουν τις μορφολογικές αλλοιώσεις της δομής των μυονηματίων στη δράση του ασβεστίου. Η μηχανική φόρτιση της μυϊκής ίνας που επιφέρει η πλειομετρική άσκηση πυροδοτεί μια σειρά μεταβολικών ανακατατάξεων εντός και εκτός του μυϊκού κυττάρου (Hikida et al.1983, Mastaglia & Walton 1982). Σε μια κλασσική μελέτη ο Friden και συνεργάτες (1983) παρατήρησαν ότι οι δομικές αλλοιώσεις των μυονηματίων διαρκούν έως και την 3η ημέρα μετά την πλειομετρική άσκηση. Σε έρευνα της Πολίτη (1998) έξι υγιείς εθελοντές 26.3 ± 3.8 χρόνων (3 άνδρες και 3 γυναίκες) συμμετείχαν στην έρευνα. Κάθε δοκιμαζόμενος, εκτέλεσε σε πρηνή κατάκλιση με ένα τυχαία επιλεγμένο πόδι, 70 μέγιστες εκούσιες πλειομετρικές συστολές του τετρακέφαλου μύος. Μεταξύ των συστολών μεσολαβούσε διάλειμμα 10 δευτερολέπτων. Ελήφθησαν βιοψίες με βελόνη από τον έξω πλατύ μηριαίο μυ, πριν και 4 ημέρες μετά την άσκηση. Τα δείγματα της μυοβιοψίας πριν από την άσκηση είχαν ομαλή μορφολογική απεικόνιση. Έντονες μορφολογικές αλλοιώσεις χαρακτήριζαν τα δείγματα της 4^{ης} ημέρας, μετά την άσκηση. Η αποδιοργάνωση των σαρκομερίων ήταν εμφανής. Οι γραμμές Z είχαν διασπαστεί ή είχαν όψη «κυματοειδή». Η I ζώνη, σε ορισμένα μικροφωτογραφήματα, είχε εξαφανιστεί. Η A ζώνη είχε επιμηκυνθεί, σε περιοχές όπου οι δίσκοι Z είχαν διαταραχθεί. Παρατηρήθηκαν φαγοκυτταρικές διαδικασίες με την παρουσία λυσοσωμάτων. Συμπερασματικά, σε σχέση με τα δείγματα ελέγχου, τα δείγματα της 4ης ημέρας μετά την πλειομετρική άσκηση διακρίνονταν από έντονα εκφυλιστικά ιστολογικά φαινόμενα. Η έντονη πλειομετρική άσκηση αποδιοργανώνει την παράλληλη διάταξη των μυονηματίων (Πολίτη, 1998).

4.8 Ανάπτυξη δύναμης και μέγεθος μυϊκής ίνας με πλειομετρική προπόνηση

Αντίθετα με τις παραπάνω έρευνες ο Potteiger et al (1999) στην έρευνά του έδειξε ότι με πρόγραμμα πλειομετρικής προπόνησης οκτώ εβδομάδων έχουμε αύξηση της μυοσκελετικής δύναμης και των μεγέθους των μυϊκών ινών. Συγκεκριμένα, 19 άντρες πήραν μέρος και χωρίστηκαν σε 2 ομάδες των. Η 1^η ομάδα είχε πλειομετρική προπόνηση με κάθετα άλματα, αναπηδήσεις και άλματα βάθους. Η 2^η είχε ακριβώς τα ίδια αλλά στην αρχή έκαναν 20 λεπτά αερόβια άσκηση στο 70% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας (ΜΚΣ).

Πίνακας 4.5: Ισχύς πριν και μετά την προπόνηση

	Ισχύς (W)	
	πριν	Μετά
Ομάδα 1	8,335 +- 179	8,578+- 174
Ομάδα 2	8,629 +-146	8,855+- 136

Στον πίνακα(4.5) βλέπουμε την βελτίωση στην ισχύ μετά την δοκιμασία και στις δύο ομάδες, ενώ στον παρακάτω πίνακα (4.6) βλέπουμε την αύξηση του μεγέθους της μυϊκής ίνας.

Πίνακας 4.6:Μέγεθος μυϊκής ίνας πριν και μετά την προπόνηση

	τύπος I (μm^{-2})		τύπος II (μm^{-2})	
	πριν	Μετά	πριν	Μετά
Ομάδα 1	4,183 +- 62	4,377+- 53	4,781+- 153	5,184+-165
Ομάδα 2	4,589 +-81	4,887+- 113	4,810+- 108	5,159+-195

Έτσι, συμπεραίνουμε πώς δεν υπήρχε σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες σχετικά με την αύξηση της ισχύς και το μέγεθος των μυϊκών ινών. Επίσης σύμφωνα με των Potteiger δεν υπήρχε και σημαντική διαφορά στην VO₂max. Τέλος βλέπουμε αυξήσεις στις τιμές μετά από ένα πρόγραμμα 8 εβδομάδων πλειομετρικής προπόνησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται οι συχνότεροι αθλητικοί τραυματισμοί και η χρήση ασκήσεων που ενσωματώνουν την πλειομετρική συστολή. Η τεχνική επάρκεια της εκτέλεσης με κυρίαρχο τον πλειομετρικό έλεγχο και η επίδοση στις ασκήσεις αυτές, αποτελούν σε μεγάλο βαθμό και μέθοδο αξιολόγησης για την πορεία της αποκατάστασης.

5. Πρωτόκολλα αποκατάστασης με χρήση πλειομετρικών ασκήσεων

Οι γρήγορες εκρήξεις δύναμης σε λειτουργικά σχήματα κίνησης είναι συχνά απαραίτητες, αν ο ασθενής πρέπει να επιστρέψει σε εργασιακές, αθλητικές ή ψυχαγωγικές δραστηριότητες υψηλών απαιτήσεων (Kisner, 1993). Οι πλειομετρικές ασκήσεις είναι κατάλληλες μόνο για τα τελευταία στάδια της αποκατάστασης νεαρών δραστήριων ατόμων που πρέπει να πετύχουν υψηλά επίπεδα εκτέλεσης μιας συγκεκριμένης δραστηριότητας (Kisner, 2003).

5.1 Η εφαρμογή των πλειομετρικών ασκήσεων (Kisner, 2003)

Η εξέλιξη των πλειομετρικών ασκήσεων γίνεται ως εξής:

- Πριν από την έναρξη ο αθλητής θα πρέπει να έχει ένα επαρκές υπόβαθρο μυικής δύναμης και αντοχής στο μύ που πρόκειται να ασκηθεί.
- Το πλειομετρικό πρόγραμμα θα πρέπει να είναι σχεδιασμένο με συγκεκριμένες λειτουργικές δραστηριότητες και να περιλαμβάνει πρότυπα κινήσεων σε ΚΚΑ ή ΑΚΑ, τα οποία αντιγράφουν την επιθυμητή δραστηριότητα.
- Όλες οι ασκήσεις θα πρέπει να έπονται από επαρκείς ασκήσεις προθέρμανσης.
- Η δραστηριότητες πλειομετρικής προπόνησης θα πρέπει να εκτελούνται σχετικά γρήγορα
- Το φορτίο της άσκησης μπορεί να αυξηθεί για την εξέλιξη της άσκησης (στο άνω άκρο διάφοροι μάντες ή μπάλες με βάρος ενώ στο κάτω άκρο βάρη ή αύξηση του ύψους του επιπέδου από το οποίο ο ασθενής εκτελεί τα άλματα).
- Τέλος, ο αριθμός των επαναλήψεων και των σετ της άσκησης μπορεί να αυξηθεί για την προοδευτική υπερφόρτωση των ασκούμενων.

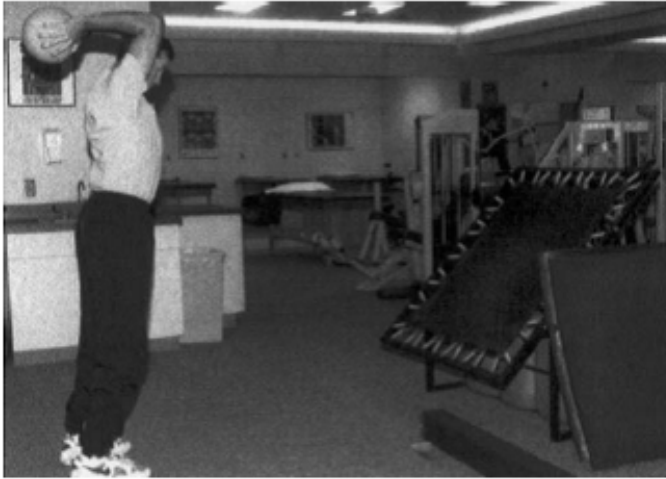
5.2 Πλειομετρική άσκηση μετά από χειρουργική αποκατάσταση ρήξης τριγωνικού ινοχόνδρινου συμπλέγματος (Byrk et al, 1999)

Οι ερευνητές χωρίζουν το πρωτόκολλο αποκατάστασης σε 4 φάσεις. Στην πρώτη φάση από 0-7 ημέρες όπου έχουμε ΚΑΠΑ (κρύο-ανάρροπη θέση- ακινητοποίηση-ανάπαυση) καθώς και κινήσεις ενδυνάμωσης του

αγκώνα και του ώμου (των υπολοίπων τμημάτων). Στη 2 φάση 4-8 εβδομάδες έχουμε την τοποθέτηση νάρθηκα τύπου Munster και απλές κινήσεις της άρθρωσης. Στην 3 φάση και προς το τέλος αυτής (8 εβδομάδες έως 3 μήνες) έχουμε πλειομετρικές ασκήσεις. Πιο συγκεκριμένα

- Ο ασθενής στέκεται 3-4 βήματα από έναν τοίχο, πέφτει και τον ακουμπά με τα χέρια, αμέσως επιστρέφει στην αρχική του θέση
- Ρίχνει μια ιατρική μπάλα (medicine ball), που κρατά πάνω από το κεφάλι του, στον φυσικοθεραπευτή ή σε ένα τραμπολίνο και γρήγορα την ξαναπιάνει πάνω από το κεφάλι (εικόνα 5.1)
- Το ίδιο με τα χέρια στο στήθος
- Το ίδιο με τα χέρια στο στήθος και η βολή να είναι στον τοίχο
- Ρίχνει μια ιατρική μπάλα (medicine ball) με το ένα χέρι, από διαγώνια θέση
- Να γίνονται push-up

Στο τέλος της 3^η φάσης υπάρχει μεγαλύτερη ενδυνάμωση και ασκήσει με ελεύθερα βάρη σε όλο το ROM. Ενώ η 4^η και τελευταία φάση του 3 μήνες είναι η επιστροφή στο άθλημα με λίγα λεπτά συμμετοχής.



Εικόνα 5.1: Πλειομετρική άσκηση ρίχνει μια ιατρική μπάλα (medicine ball), που κρατά πάνω από το κεφάλι του.

5.3 Γενικές αρχές αποκατάστασης για τους αθλητές ρίψεων σε κακώσεις αγκώνα (Wilk & Andrews 1997)

Η αποκατάσταση της περιοχής του αγκώνα σε αθλητές ρίψεων, χωρίζεται σε γενικές γραμμές σε τέσσερις φάσεις. Μετά από χειρουργείο στην περιοχή ή από εκτεταμένη ακινητοποίηση.

Στην πρώτη φάση έχουμε την ανάκτηση της κίνησης (εύρους τροχιάς). Όπου με ειδικές τεχνικές κινητοποίησης, ισομετρικές ασκήσεις και με διατάσεις προσπαθούμε να πάρουμε το εύρος τροχιάς της άρθρωσης.

Στην δεύτερη φάση της ανάκτησης δύναμης και αντοχής. Σε αυτή την φάση ο αθλητής βελτιώνει σημαντικά την δύναμη, την αντοχή και την σταθερότητα της άρθρωσης. Για να προχωρήσουμε σε αυτή την φάση πρέπει ο ασθενείς να έχει πλήρη ROM (0-135), μικρό έως καθόλου πόνο

και ένα ικανοποιητικό (4/5) μυϊκή δύναμη για τους εκτεινόντες και καμπτήρες του αγκώνα. Στην φάση αυτή δίνουμε έμφαση στις ισοτονικές ασκήσεις.

Στην 3 φάση έχουμε την επιστροφή σε λειτουργικές δραστηριότητες. Οι Wilk and Andrews το 1997 προτείνουν ότι το πρόγραμμα περιλαμβάνει ασκήσεις για βελτίωση της δύναμης, της αντοχής και του νευρομυϊκού ελέγχου του άκρου. Ο αθλητής θα πρέπει να έχει πλήρη τροχιά καθόλου πόνο και 70% δύναμη σε σύγκριση με την υγιή πλευρά.

Σε αυτή την φάση οι ερευνητές μας αναφέρουν ότι οι πλειομετρικές ασκήσεις παίζουν σημαντικό ρόλο προσφέροντας ενέργεια και σταθερότητα στην συγκεκριμένη περιοχή. Εκμεταλλευόμενοι των κύκλων της διάτασης- βράχυνσης δημιουργούμε πολλές ασκήσεις με ρίψεις. Πολύ σημαντικές είναι οι ασκήσεις tube (Εικόνα 5.1), όπου ο αθλητής από κάμψη αγκώνα και 60° κάμψη ώμου φέρνει σε πλήρη έκταση και επιστρέφει μετά γρήγορα πίσω.



Εικόνα 5.2: Άσκηση τύπου tube

Στην τέταρτη και τελευταία φάση έχουμε την επιστροφή του αθλητή στις δραστηριότητες. Όπου σταδιακά και προοδευτικά αυξάνουμε τον

ρυθμό, την ένταση, την συχνότητα στην απόσταση και στην διάρκεια των ρήξεων.

5.4 Μη επεμβατική αποκατάσταση σε πρόσθια και οπίσθια αστάθεια ώμου (Wilk 2003)

Στην πρώτη φάση (οξεία φάση κίνησης). Στόχος είναι η επανάκτηση του ROM, η επιβράδυνση της ατροφίας και η μείωση της φλεγμονής και του οιδήματος. Στην δεύτερη φάση (ενδιάμεσο στάδιο) τα κριτήρια για να προχωρίσουμε σε αυτό το στάδιο είναι το πλήρες ROM, μικρός πόνος . Στόχος είναι να βελτιώσει την μυϊκή δύναμη και τον νευρομυϊκό έλεγχο. Στην τρίτη φάση (φάση αύξησης δύναμης) έχουμε την βελτίωση της δύναμης, της αντοχής και της ισχύς. Σε αυτό το στάδιο έχουμε της πλειομετρικές ασκήσεις όπως είναι τα push up στον τοίχο, οι ασκήσεις τύπου tube, οι ρίψεις με την ιατρική μπάλα. Στην τέταρτη φάση έχουμε την επιστροφή στις δραστηριότητες όπου πρέπει να πετύχουμε το βέλτιστο επίπεδο δύναμης, ισχύς και αντοχής, καθώς σχεδιασμός ενός προγράμματος σταδιακής επαναφοράς στο άθλημα.

5.5 Λειτουργικά κριτήρια μετά από ρήξη Πρόσθιου χιαστού συνδέσμου

Μετά από επιδιόρθωση και αποκατάσταση του ΠΧΣ, οι κλινικές δοκιμασίες, συμπεριλαμβανομένου δοκιμασίες δύναμης και μετρήσεις ευκινησίας (laxity measurements), έχουν σχεδιαστεί για να βοηθήσουν τους θεραπευτές στην αξιολόγηση του αθλητή για την ασφαλή επιστροφή στο άθλημα. Οι πιο συχνές δοκιμασίες είναι : single hop για απόσταση, triple hop για απόσταση και 6-m timed hop. Άλλες δοκιμασίες είναι :

vertical jump, cross-over hop για απόσταση και figure-of-eight hop.
(Πίνακας 5.1)

5.5.1 Κριτήρια για επιστροφή στο άθλημα μετά από ΠΧΣ

Τα κριτήρια για είναι τα εξής:

- Όλο το εύρος τροχιάς της άρθρωσης
- Δύναμη τετρακέφαλου 85% ή περισσότερο σε σχέση με τον υγιή
- Δύναμη δικεφάλου 100% σε σχέση με τον υγιή
- Τετρακέφαλος /δικέφαλο ποσοστό 65% ή και μεγαλύτερο
- KT-1000 side-to-side διαφορά < 3mm
- Λειτουργικές δοκιμασίες 85% σε σχέση με την υγιή
- Κανένα είδος πόνου

Πίνακας 5.1:Κλινικές δοκιμασίες για αξιολόγηση του αθλητή.
Τροποποιημένο από Wilk & Andrews, 1997.

Μέθοδος

one -legged single hop for distance	one- legged timed hop	one- legged triple hop for distance	one- legged crossover hop for distance
Ο αθλητής στέκεται με το ένα άκρο και πηδάει όσο πιο μακριά μπορεί, προσγειώνεται με το ίδιο άκρο. Η απόσταση (2 φορές το κάθε άκρο)μετριέται και βλέπουμε την συμμετρία που υπάρχει	Ο αθλητής πηδά μια απόσταση 6m με το ένα πόδι όσο πιο γρήγορα μπορεί . Η μέτρηση γίνεται 2 φορές για το κάθε άκρο, ενώ καταγράφεται ο χρόνος.	Ο αθλητής με το ένα πόδι κάνει 3 συνεχόμενα άλματα όσο πιο μακριά μπορεί και προσγειώνεται με το ίδιο πόδι.	Μια απόσταση 6m με 15cm πάχους ταινία έχει οριστεί στο πάτωμα. Ο αθλητής κάνει 3 συνεχόμενα άλματα με το ένα πόδι , crossing over the center strip on each hop
Υπολογισμός			
Συμμετρία άκρου =ο μέσος όρος των involved/noninvolved x 100.	Συμμετρία άκρου =ο μέσος όρος των involved/noninvolved x 100.	Συμμετρία άκρου =ο μέσος όρος των involved/noninvolved x 100.	Συμμετρία άκρου =ο μέσος όρος των involved/noninvolved x 100.
Αποτελέσματα			
Η φυσιολογική συμμετρία είναι 85%.	Η φυσιολογική συμμετρία είναι 85%.	Η φυσιολογική συμμετρία είναι 85%.	Η φυσιολογική συμμετρία είναι 85%.

5.5.2 Πρόγραμμα αλμάτων για πρόληψη τραυματισμού ΠΧΣ . Κριτήριο λειτουργικής επάρκειας με έμφαση στην πλειομετρική άσκηση (Hewett, 1999)

Άσκηση	Διάρκεια	
Φάση 1: Τεχνική	Εβδομάδα 1	Εβδομάδα 2
1. wall jumps	20 sec	25 sec
2.tuck jumps	20 sec	25 sec
3.broad jump stick (hold) landing	5 επαν.	10 επαν.
4.squat jumps	10 sec	15 sec
5.double-legged cone jumps	30 sec /30 sec	30 sec /30 sec(side to side and back to front)
6.180 degree jumps	20 sec	25 sec
7.bounding in place	20sec	25 sec
Φάση 2: βασικές αρχές	Εβδομάδα 3	Εβδομάδα 4
1. wall jumps	30 sec	30 sec
2.tuck jumps	30 sec	30 sec
3. jump, jump,jump,vertical jump	5 επαν.	8 επαν.
4.squat jumps	20 sec	20 sec
5.bounding for distance	1 γύρος	2 γύροι
6.double-legged cone jumps	30 sec /30 sec	30 sec /30 sec(side to side and back to front)
7. scissors jump	30 sec	30 sec
8. hop,hop, stick landing	5 επαν./πόδι	5 επαν./πόδι
Φάση 3: επίδοση	Εβδομάδα 5	Εβδομάδα 6
1. wall jumps	30 sec	30 sec
2. step,jump up,down,vertical	5 επαν.	20 επαν.
3. mattress jump	30 sec /30 sec	30 sec /30 sec(side to side and back to front)
4. single-legged jumps,distance	5 επαν./πόδι	5 επαν./πόδι
5.squat jumps	25 sec	25 sec
6. jump into bounding	3 γυροι	4 γύροι
7. hop,hop, stick landing	5 επαν./πόδι	5 επαν./πόδι

Πίνακας 5.2: Πλειομετρικές ασκήσεις

5.6 Τενοντοπάθεια Αχιλλείου

Στην τενοντοπάθεια του Αχιλλείου θα πρέπει να γίνει διαχωρισμός ως προς τον τοπογραφικό εντοπισμό, είτε στην κατάφυση του τένοντα στην

πτέρνα (ενθεσοπάθεια) είτε στο κυρίως σώμα του τένοντα 2-6cm πάνω από την πτέρνα (Alfredson et al,1998). Καθώς, και ως προς τη χρονιότητα της πάθησης αφού οι παραπάνω τραυματισμοί μπορεί να είναι οξείς ή χρόνιοι (υπέρχρησης) (Cook et al, 2002).

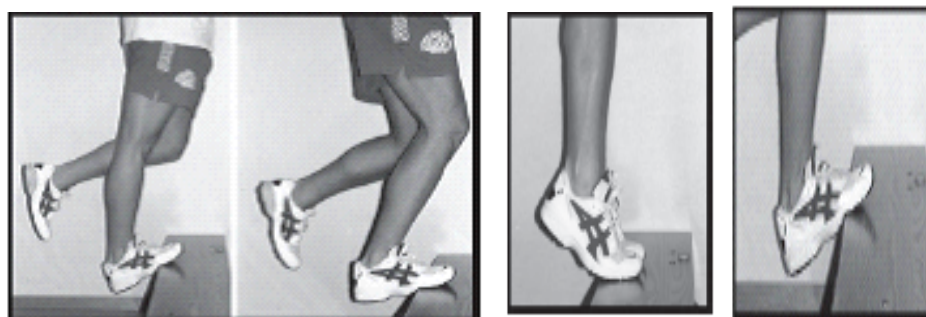
Ένας οξύς τραυματισμός τένοντα ακολουθεί την ίδια επούλωση όπως τα άλλα μαλακά μόρια (φλεγμονώδες στάδιο, πολλαπλασιασμός, ωρίμανση, σχηματισμός ουλώδους ιστού) (Kountouris & Cook, 2007). Οι τραυματισμοί υπέρχρησης του τένοντα δεν διεγείρουν φλεγμονώδεις διαδικασίες, για αυτό τον λόγο δεν υπάρχει επαρκή επούλωση (Cook et al, 2002). Έτσι η χρόνιας καταστάσεις ονομάστηκαν τενονοπάθειες και όχι τενοντίτιδες (Romple et al, 2008).

Υπάρχει σημαντικός αριθμός ερευνών (Hart, 2009; De Jonge et al, 2010; Knobloch et al, 2008; Jonsson et al, 2008; Maffulli et al 2008; De Vos et al, 2007; Jonsson et al, 2008) όπου αναφέρουν πως το πρωτόκολλο του Alfredson (1998) είναι πολύ χρήσιμο για την αντιμετώπιση της τενοντοπάθειας. Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο έχει να κάνει με την χρήση σκαλοπατιού με ένα πλειομετρικό πρόγραμμα εξάσκησης από όρθια θέση (Alfredson et al,1998). Για τενοντοπάθεια στο κυρίως σώμα του τένοντα, ο ασθενής με το υγιές μέλος έρχεται σε θέση πελματιαίας κάμψης και στη συνέχεια ρίχνει το βάρος του στο πάσχον όπου εκτελεί πλειομετρικά ραχιαία κάμψη (Alfredson et al,1998). Τέλος με το υγιές επανέρχεται στην αρχική του θέση (Alfredson et al,1998). Για ενθεσοπάθεια, ο ασθενής εκτελεί την άσκηση στο δάπεδο και από θέση πλήρους πελματιαίας κάμψης (μπορεί και να χρησιμοποιηθεί μικρό σκαλί) έως την μέση θέση της ποδοκνημικής (Jonsson et al, 2008). Επίσης στην άσκηση είναι με τεντωμένο πόδι, γιατί η κάμψη του γόνατος δίνει την τάση για μεγαλύτερη πελματιαία κάμψη από ότι το γόνατο σε έκταση (Jonsson et al, 2008). Το πρωτόκολλο και

για τις δύο παθήσεις περιλαμβάνει 3 σετ για κάθε μυ (γαστροκνήμιο/υποκνημίδιο), με 15 επαναλήψεις, 2 φορές την ημέρα, 7 φορές την εβδομάδα για 12 εβδομάδες (Alfredson et al,1998).

Στην αρχή μπορεί ο ασθενής να αισθάνεται πόνο άλλα με το πέρασμα των συνεδριών αυτός ο πόνος μειώνεται (Alfredson et al,1998). Όταν εξαλφθεί προσθέτουμε βάρη στην πλάτη π.χ. με μια τσάντα (Alfredson et al,1998). Μετά της 12 εβδομάδες και ενώ είναι ικανός να σηκώσει ικανοποιητικό φορτίο επανέρχεται στις αθλητικές του δραστηριότητες δίχως συμπτώματα (Alfredson et al,1998; De Jonge et al, 2010; Knobloch et al, 2008; Maffulli et al 2008; De Vos et al, 2007).

Ο Fahlström et al (2003) στην έρευνα τους καταλήγουν ότι οι πλειομετρικές ασκήσεις γαστροκνημίου ήταν αποτελεσματικές στη χρόνια τενοντοπάθεια του κυρίως σώματος του τένοντα ενώ δεν ήταν καθόλου αποτελεσματικές σε τενοντοπάθεια που αφορούσε την κατάφυση του αχίλλειου στην πτέρνα (ενθεσοπάθεια).



Εικόνα 5.3: Ασκήσεις πελματιαίας-ραχιαίας κάμψης.

Οι άρσεις της πτέρνας σε μονοποδική στήριξη από όρθια θέση είναι μια καλή δοκιμασία για την αναπαραγωγή των συμπτωμάτων του

ασθενούς, καθώς και αξιολόγησης της μυϊκής δύναμης των μυών της γαστροκνημίας (Romple et al, 2008). Σε αθλητές χρειάζεται μια πιο δυναμική δοκιμασία για την αναπαραγωγή των συμπτωμάτων όπως είναι τα άλματα (Romple et al, 2008).

Τέλος οι Ehrich & Gebel(1992) στο τελευταίο στάδιο αποκατάστασης για αξιολόγηση και επανένταξη του αθλητή προτείνουν πλειομετρικές ασκήσεις, όπως αλλαγές κατεύθυνσης και άλματα σε τραμπολίνο.



Εικόνα 5.4: Άλματα πάνω σε τραμπολίνο

5.7 Χρήση της πλειομετρικής προπόνησης στην αποκατάσταση εξάρθρωσης επιγονατίδας

Σε μία έρευνα της Racouillat (2007), πήρε μέρος μια αθλήτρια lacross ηλικίας 16 ετών όπου είχε πλάγια εξάρθρωση επιγονατίδας. Η αθλήτρια μετά από 3 συνεδρίες ενδυνάμωσης τετρακέφαλου συνέχισε με 9 συνεδρίες πλειομετρικό πρόγραμμα σύμφωνα με τους Hewett et al (1996).

Τα αποτελέσματα άρχισαν να φαίνονται από την 7^η συνεδρία έως την 12^η. Η ασθενής είχε βελτιωθεί στο άλμα με το ένα πόδι, στο κάθετο άλμα, στην δύναμη, και στην ταχύτητα. Σύμφωνα με την Racouillat η πλειομετρική προπόνηση μειώνει το χρόνο επιστροφής στην αγωνιστική δράση μετά από εξάρθρημα επιγονατίδας. Άλλα όπως τονίζει θα πρέπει ο φυσικοθεραπευτής να είναι προσεκτικός γιατί υπάρχει ο κίνδυνος ο ασθενής να εμφανίσει DOMS(Σύνδρομο καθυστερημένης εκδήλωσης μυϊκού πόνου). Ο Chmielewski et al το 2006 προτείνει ότι ασθενής που εμφανίζουν το σύνδρομο αυτό θα πρέπει να αποφεύγουν το καθημερινό πλειομετρικό πρόγραμμα.

5.8 Αποκατάσταση ιδιοδεκτικότητας με πλειομετρικές ασκήσεις

Το πρόγραμμα αποκατάστασης της ιδιοδεκτικότητας πρέπει να περιλαμβάνει ασκήσεις για την δραστηριοποίηση όλων των υποσυστημάτων του Κ.Ν.Σ.(Lephart, 1995). Έτσι έχουμε:

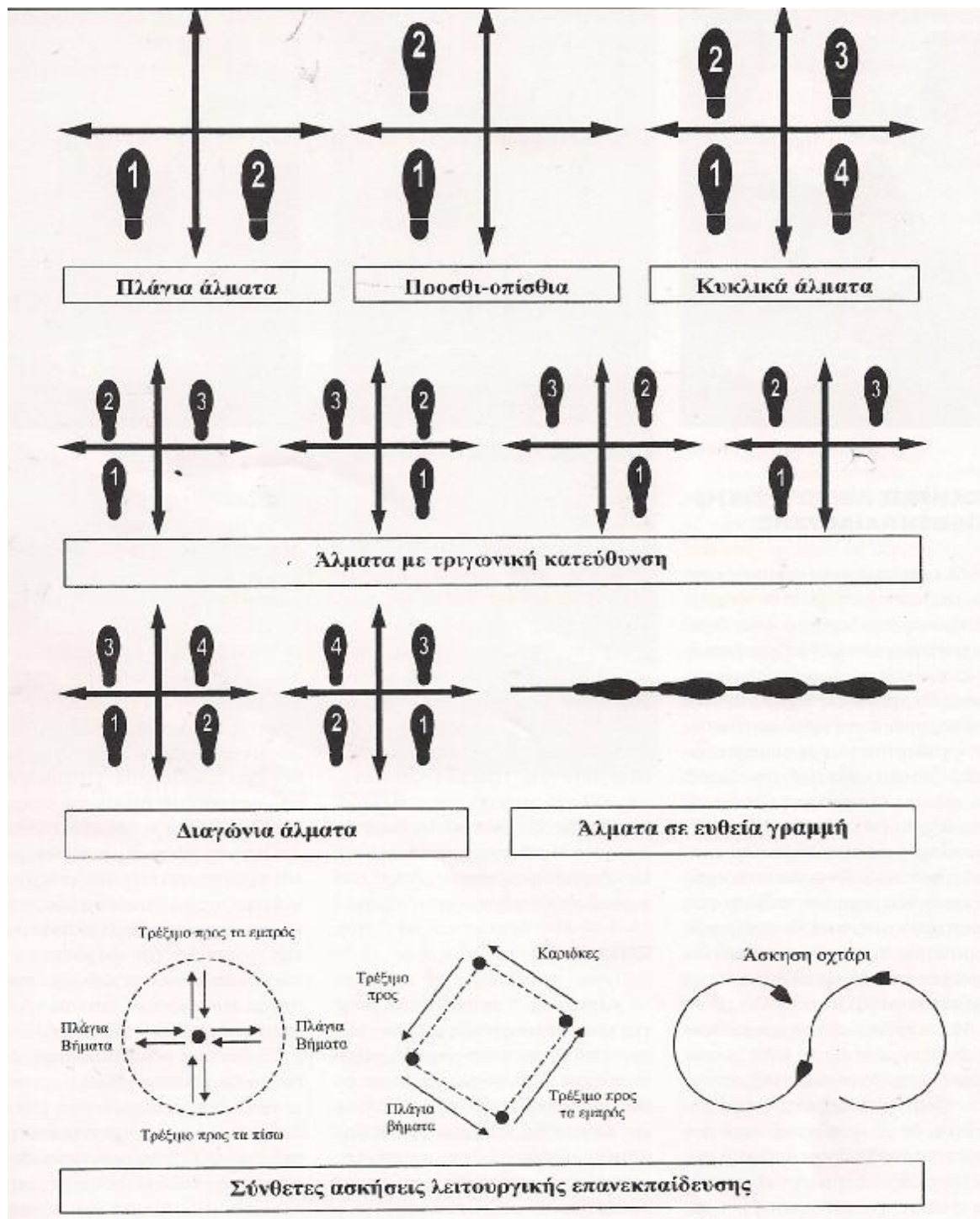
- Δραστηριότητες που θέτουν την άρθρωση στα όρια της κίνησης και με την επανάληψη περνούν στο υποσυνείδητο.
- Δραστηριότητες διατήρησης της ισορροπίας με στατικές ασκήσεις που προοδευτικά γίνονται δυναμικές. Οι οποίες αρχικά πραγματοποιούνται στην διποδική στήριξη και προοδευτικά στην μονοποδική με ανοικτά και κλειστά μάτια. Οι δυναμικές γίνονται στην αρχή σε σταθερή επιφάνεια και μετά σε ασταθή.
- Τέλος έχουμε δραστηριότητες που προκαλούν απότομες αλλαγές της θέσης της άρθρωσης. Εκτελούνται ασκήσεις

πλειομετρικές για μυϊκή σύσπαση και μυϊκή επαναδραστηριοποίηση.

Στην επανεκπαίδευση της ιδιοδεκτικότητας θα πρέπει να συμπεριλαμβάνονται (Lephart et al, 1998; Lephart & Hery, 1996) ασκήσεις ΑΚΑ και ΚΚΑ, ασκήσεις ισορροπίας, πλειομετρικές ασκήσεις και ασκήσεις λειτουργικής επανεκπαίδευσης.

Η πλειομετρική άσκηση θα πρέπει να είναι προσαρμοσμένη στους σκοπούς της αποκατάστασης και να αρχίζει ενώ ο ασθενής μπορεί να σταθεί όρθιος στο ένα πόδι για 30sec με ανοικτά και κλειστά μάτια (Lephart et al, 1998). Η πλειομετρική άσκηση θα πρέπει να αρχίζει με χαμηλό φορτίο και χαμηλή κινητική πολυπλοκότητα ενώ προοδευτικά οδηγεί σε πολύπλοκα κινητικά επίπεδα και αυξημένη ένταση (Bernier & Perrin, 1998; Payne et al, 1997).

Ένα ενδεικτικό πρόγραμμα αποκατάστασης της ιδιοδεκτικότητας πρέπει να έχει μια συγκεκριμένη ιεράρχηση (Bernier & Perrin, 1998; Payne et al, 1997; McKnight 1997) όπου η πλειομετρικές ασκήσεις συμπεριλαμβάνονται στις σύνθετες δραστηριότητες. Η άσκηση με αλματάκια πραγματοποιείται με ανοικτά και κλειστά μάτια, με τα δύο και μετά με το ένα πόδι. Το άτομο μπορεί στην αρχή να υποστηρίζεται από μια μπάρα. Στη συνέχεια έχουμε άλματα με αλλαγές κατεύθυνσης.



Σχήμα 5.1: Αλτικές ασκήσεις και δοκιμασίες αξιολόγησης των κάτω άκρων με έμφαση στο πλειομετρικό στοιχείο για την επανεκπαίδευση της ιδιοδεκτικότητας.

5.9 Παράγοντες ασφάλειας για την διεξαγωγή πλειομετρικών ασκήσεων

Οι πλειομετρικές ασκήσεις περιλαμβάνουν έναν αυξημένο κίνδυνο τραυματισμού λόγω των μεγάλων δυνάμεων που παράγονται κατά τη διάρκεια της προπόνησης και πρέπει να εκτελούνται μόνο από άτομα με καλή φυσική κατάσταση και κάτω από επίβλεψη. Τα καλά επίπεδα σωματικής δύναμης, ελαστικότητας, ιδιοδεκτικότητας πρέπει να επιτευχθούν πριν από την έναρξη του πλειομετρικού προγράμματος.

Ο Chu, 1998 αναφέρει ότι ένας αθλητής, για να μπει σε πρόγραμμα πλειομετρικής προπόνησης, πρέπει να είναι σε θέση να εκτελεί 5 επαναλήψεις squat με 60% του βάρους του σώματος του και να έχει σημαντικά αυξημένη δύναμη στον κορμό του. Η ελαστικότητα απαιτείται για την πρόληψη των τραυματισμών αλλά και για να ενισχύσει την επίδραση του κύκλου της έκκεντρης συστολής (βράχυνση- διάταση). Η ιδιοδεκτικότητα που περιλαμβάνει την ισορροπία, το συντονισμό και την ευκινησία είναι στοιχεία απαραίτητα για την ασφαλή απόδοση των πλειομετρικών ασκήσεων. Οι παρακάτω αποτελούν οδηγίες ασφαλείας για την διεξαγωγή πλειομετρικής προπόνησης :

- Ηλικία –σε αθλητές κάτω των 13 ετών απαιτούνται χαμηλής έντασης πλειομετρικές ασκήσεις
- Σωματικό βάρος αθλουμένου –οι αθλητές που υπερβαίνουν τα 109 kg πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί και, όπως παραπάνω, να ακολουθούν προγράμματα χαμηλής έντασης

- Επιφάνεια άθλησης –προπόνησης –για την διεξαγωγή των ασκήσεων απαιτούνται μαλακές επιφάνειες όπως τάπητες γυμναστικής και χλόη.

- Τεχνική-κάθε αθλητής πρέπει να καθοδηγείται ως προς την τεχνική διεξαγωγής των πλειομετρικών ασκήσεων και επιπλέον τα άκρα που ασκούνται πρέπει να είναι σταθεροποιημένα και οπωσδήποτε άνευ τραυματισμού

Τα πλειομετρικά προγράμματα προπόνησης δεν είναι εγγενώς επικίνδυνα αλλά οι έντονες μετακινήσεις που γίνονται στις επαναλήψεις αυξάνουν το επίπεδο πίεσης στις αρθρώσεις και στο μυοτενόντιο σύνολο .Επομένως οι προφυλάξεις ασφαλείας είναι μια ισχυρή προϋπόθεση καθ' όλη τη διάρκεια των πλειομετρικών ασκήσεων.

5.10 Συμπεράσματα

Η πλειομετρική άσκηση ενσωματώνει την αλληλουχία επιμήκυνσης - βράχυνσης δηλαδή την σύζευξη έκκεντρης – σύγκεντρης συστολής. Μιμείται δε, πραγματικές λειτουργίες της ανθρώπινης καθημερινότητας και αθλητικής δραστηριότητας και προετοιμάζει τα βιοϋλικά και το νευρομυϊκό μηχανισμό ώστε να ανταποκρίνονται επιτυχώς στις φορτίσεις. Τα φορτία που αναπτύσσονται απαιτούν προοδευτικότητα α) στην ένταση ώστε να προσαρμόζεται η μηχανική αντοχή των βιοϋλικών και β) στην πολυπλοκότητα ώστε να τελειοποιείται βαθμιαία ο πλειομετρικός έλεγχος της κίνησης με αποτέλεσμα την βελτίωση της απόδοσης και την μεγιστοποίηση της προστασίας από νέους τραυματισμούς ή υποτροπές παλαιών. Απαιτείται πειθαρχία στην εκτέλεση της σωστής τεχνικής των πλειομετρικών ασκήσεων και στην ταχύτητα σύζευξης έκκεντρης – σύγκεντρης συστολής ώστε να εκμεταλλεύεται ο ασκούμενος την αποθηκευμένη ελαστική ενέργεια και την έκλυση του μυοτατικού αντανακλαστικού.

Η ενσωμάτωση της πλειομετρικής άσκησης στις δοκιμασίες αξιολόγησης είναι άκρως απαραίτητη στα πλαίσια της λειτουργικής αποθεραπείας αφού μόνο έτσι μπορεί να ελεγχθεί η μυοσκελετική και νευρομυϊκή ετοιμότητα για επιστροφή στις προ του τραυματισμού φυσικές δραστηριότητες. Ο πλειομετρικός έλεγχος με λειτουργικές δοκιμασίες ήπιας έντασης και συνθετότητας, μπορεί να ενσωματώνεται και στα ενδιάμεσα στάδια της αποθεραπείας κατά τα οποία ελέγχεται εάν επιτυγχάνονται συγκεκριμένα κριτήρια που επιτρέπουν στον ασθενή να προχωρήσει σε πιο απαιτητικό πρόγραμμα .

Η ανασκόπηση της αρθρογραφίας και βιβλιογραφίας έδειξε ότι η πλειομετρική δοκιμασία αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι στα πλαίσια αξιολόγησης όταν εφαρμόζεται βάσει ειδικά διαμορφωμένων κριτηρίων

που θα σηματοδοτούν την ασφαλή μετάβαση σε πιο απαιτητικό στάδιο ή ακόμα και την πλήρη επιστροφή στην προτραυματική φάση. Για τα μέχρι τώρα δεδομένα , στο φυσικοθεραπευτικό χώρο το ΤΑΚ (Test for Athlete's Knee), παρόλη την αξιοπιστία του, δεν έχει εφαρμοστεί ευρέως για να αποδειχθεί η εγκυρότητα του ως εργαλείο αξιολόγησης.

Η φυσικοθεραπευτική κοινότητα θα πρέπει να στρέψει το ενδιαφέρον στο δυναμικό έλεγχο των λειτουργικών δραστηριοτήτων καθώς ο στατικός έλεγχος δεν αντιπροσωπεύει δυναμικές μιμητικές καταστάσεις που χαρακτηρίζουν τα περισσότερα αθλήματα. Σύμφωνα με τον Wikstrom et al (2006) οι φυσικοθεραπευτές πρέπει να χρησιμοποιούν δυναμικά πρωτόκολλα αξιολόγησης για δύο κύριους λόγους: πρώτον διότι υπάρχει απόδειξη ότι ο δυναμικός έλεγχος στάσης σώματος δεν σχετίζεται με το στατικό έλεγχο στάσης και δεύτερον γιατί υπάρχουν αμφιβολίες στη βιβλιογραφία σχετικά με την καταλληλότητα του στατικού ελέγχου στάσης σώματος διότι δεν δείχνει διαφορές μεταξύ των εξεταζόμενων ομάδων.

Σημαντικό σημείο της αξιολόγησης αποτελεί και η υποκειμενική αυτοαξιολόγηση του ασθενή, καθότι είναι αυτή που αντικατοπτρίζει την ψυχολογική ετοιμότητα του αθλητή για επιστροφή στην προτραυματική φάση. Είναι αναγκαίο να τονίσουμε την επίπτωση της κόπωσης στην απόδοση,την αντανακλαστική απάντηση,στην εκούσια μυϊκή σύσπαση κλπ.Επομένως χρειάζονται οι πλειομετρικές δοκιμασίες που είναι εξαντλητικές για να αποκαλύψουν επιπτώσεις που καλύπτονται όταν ο αθλητής είναι ξεκούραστος. Να αναφερθεί επίσης ότι η επίπτωση της κόπωσης εξαρτάται από τη δραστηριότητα που εκτελείται, με το εύστοχο παράδειγμα σύγκρισης του μαραθωνοδρόμου με έναν σκιέρ όπου το άθλημά τους διαφέρει στη διάρκεια της φάσης επιβράδυνσης, καθώς επίσης και από τη φάση αποκατάστασης που διανύει ο δοκιμαζόμενος

(οξεία ή καθυστερημένη) όπως περιγράφηκε στο διτό μοντέλο κόπωσης των Nicol et al (2006) και από την ένταση της δραστηριότητας (υπομέγιστη ή μέγιστη προσπάθεια).

Εν κατακλείδι, τα ερωτήματα που τέθηκαν στον τίτλο της εργασίας μας απαντήθηκαν σχετικά με το ότι η πλειομετρική προπόνηση αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο τόσο στην πρόληψη όσο και την αποκατάσταση μετά από κάκωση. Σε ότι αφορά στα πλαίσια της αξιολόγησης βάσει πλειομετρικών δοκιμασιών απαντήθηκαν εν μέρει καθώς όπως αναφέραμε η σχετική έρευνα του ΤΑΚ με τα ειδικά σχεδιασμένα κριτήρια μπορεί να βασίζεται σε αξιόπιστο και ερευνητικά αποδεκτό πρωτόκολλο θεραπείας αλλά η μελλοντική εφαρμογή του θα αποδείξει την εγκυρότητα του ως εργαλείο στα χέρια των φυσικοθεραπευτών, γεγονός που αποτελεί εφιαλτήριο για μελλοντική ανάλυση και τελική απόδειξη ότι όντως η πλειομετρική ως δοκιμασία είναι επιτακτικό να ενσωματωθεί στην φυσικοθεραπευτική αξιολόγηση.

ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ

- Abatzidis G.(2000):** *Αθλητικές κακώσεις*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- Adams, K., O’Shea, J.P., O’Shea, K.L. and Climstein, M. (1992):** The effects of six weeks of squat, plyometrics, and squat plyometric training on power production. *Journal of Applied Sports Science Research* **6**, 36-41
- Alfredson H, Pietila T, Jonsson, Lorentzon R. (1998):** Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic Achilles tendinosis. *American Journal of Sports Medicine*, 26(3): 360-366.
- Anderst, W.J., Eksten, F. and Koceja, D.M. (1994):** Effects of plyometric and explosive resistance training on lower body power. *Medicine and Science in Sport and Exercise* **26**, S31.
- Armstrong, R.B., R.W. Ogilvie, and J.A. Schwave(1983):** Eccentric exercise injury to rat skeletal muscle. *J. Appl. Physiol.* 54: 80-93.
- Asmussen, E.(1952):** Positive and negative muscular work. *Acta Physiol. Scand.* 28:364-382.
- Asmussen, E. and Bonde-Peterson, F. (1974):** Apparent efficiency and storage of elastic energy in human muscles during exercise. *Acta Physiologica Scandinavica* 92, 537-545.
- Asrand PO and Rodalh K(1977):** Textbook of work physiology (2nd ed), , New York, 1977, McGraw-Hill, Inc.

Baechle, T.R. and Earle, R.W. (2000): *Essentials of strength training and conditioning*. 2nd edition. Champaign, IL: National Strength and Conditioning Association.

Barnes, M. and Attaway, J. (1996): Agility and conditioning of the San Francisco 49ers. *Strength and Conditioning* **18**, 10-16.

Baltzopoulos V., Brodie DA. (1989): Isokinetic dynamometry, application and limitations. *Sports Medicine* , 8(2):101-116.

Baltzopoulos V, Kellis E. (1993): Isokinetic strength during childhood and adolescence. In: Van Praagh E, ed. *Pediatric anaerobic performance*. Human Kinetics, Champaign, IL, 225-240.

Basmajian, J.V,(1978). *Muscle Alive: Their Functions Revealed By Electromyography* (4th Ed.). Baltimore : Williams & Wilkins.

Bedi, J., Cresswell, A., Engel, T. and Nicoi, S. (1987): Increase in jumping height associated with maximal effort vertical depth jumps. *Research Quarterly for Exercise and Sport* **58**, 11-15.

Behrman, R., Kliegman, R., & Jenson, H. (2000). *Nelson Textbook of Pediatrics*. St. Louis: W.B. Saunders.

Bennett JG, Stauber WT.(1986): Evaluation and treatment of anterior knee pain using eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1986;**18**:526–30.

Bernier JN, Perrin DH (1998): Effect of coordination training on proprioception of the functionally unstable ankle. *JOSPT*, 27(4): 43-57.

Billeter, R. Hoppeler, H. (1992). Muscular basis of strength. In P. Komi (Ed). *Strength and power in sport*. Boston: Blackwell Scientific, 39-63.

Blattner S. and L. Noble. (1979): Relative effects of isokinetic and plyometric training on vertical jumping performance. *Res. Q. Exerc. Sport* 50: 583-588.

Bloem R, Allum J, Carpenter M & Horiegger F (2000). Is lower leg proprioception essential for triggering human automatic postural responses? *Exp Brain Res.* 130(3):375-91

Bobbert M, Van Soest A.(2001): Why do people jump the way they do? *Exerc Sport Sci Rev* 2001; 29 (3): 95-102

Bobbert, M. (1990): Drop jumping as a training method for jumping ability. *Sports Medicine* 9, 7-22.

Bosco , C. & Komi PV(1981): Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscle. *European journal of applied Physiology*, 41, 275-284

Bove M, Nardone A & Schieppati M (2003): Effects of leg muscle tendon vibration on group Ia and group II reflex responses to stance perturbation in humans. *J Physiol* 15;550(Pt 2):617-30

Brooks, G.A, Fahey, T.D. & White, T.P. (1996): *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and Its Applications.* (2nd ed.). Mountain View, California: Mayfield Publishing Co.

Brown, M.E., Mayhew, J.L. and Boleach, L.W. (1986): Effects of plyometric training on vertical jump performance in high school basketball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 26, 1-4.

Byrk FS ,Savoie FH III and Field LD, (1999): The role of arthroscopy in the diagnosis and management of cartilaginous lesions of the wrist. *Hand Clin* 15 (3) : 423

Cavagna, G. (1977): Storage and utilization of elastic energy in skeletal muscle. *Exercise and Sports Sciences Reviews* 5, 89-129.

Cavagna GA, Citterio G(1974): Effect of stretching on the elastic characteristics and the contractile component of frog striated muscle. *J Physio* 1239:1-14.

Cavagna GA, Dusman B, Margaria R(1968): Positive work done by a previously stretched muscle, *JApplPhysiol* 24:21-32.

Cavagna GA, Saibene FP, Margaria R(1965): Effect of negative work on the amount of positive work performed by an isolated muscle, *J Appl Physiol* 20:157- 158.

Cook J, Khan KM, Purdam C (2002): Achilles tendinopathy. *Manual Therapy*, 7(3): 121-130.

Chmielewski TL, Myer GD, Kaufman D, Tillman SM.(2006): Plyometric exercise in the rehabilitation of athletes: physiological responses and clinical application. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006;36:308- 319

Chu, D. (1983). Plyometrics : The link between strength and speed. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 5, 20.

Chu, D. (1984). Plyometric exercise. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 5, 26.

Chu, D.A. (1998): *Jumping into plyometrics*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Clutch, D., Wilton, B., McGown, M. and Byrce, G.R. (1983): The effect of depth jumps and weight training on leg strength and vertical jump. *Research Quarterly for Exercise and Sport* **54**, 5- 10.

Colliander EB, Tesch PA.(1989): Bilateral eccentric and concentric torque of quadriceps and hamstring muscles in females and males. *Eur J Appl Physiol* 1989;**59**:227–32.

Conway A, Malone T, Conway P. (1992):Patellar alignment/ tracking: effect on force output and perceived pain. *Isokinetics and Exercise Science* 1992;**2**:9–17.

Costain R., Williams AK.(1984): Isokinetic quadriceps and hamstring torque levels of adolescent, female soccer players. *The journal of orthopaedic and sports Physical Therapy*, 5(4): 196-200.

Craig, B.W. (2004): *What is the scientific basis of speed and agility?* *Strength and Conditioning* **26(3)**, 13- 14.

Davies. C. (1984):*A compendium of isokinetics in clinical usage*. LaCrosse. WI: S & S.

De Jonge S, De Vos RJ, Van Schie HT, Verhaar JA, Weir A, Tol JL (2010): One-year follow up of a randomized controlled trial on added splinting to eccentric exercises in chronic midportion Achilles tendinopathy. *British Journal Sports Medicine* 44(9): 673-677.

De Vos RL, Weir A, Visser RJ, De Winter T, Tol JL (2007): The additional value of a night splint to eccentric exercises in chronic

midportion Achilles tendinopathy: A randomized controlled trial. *British Journal of Sports Medicine* 41(7): e5.

Deursen R, Sanchez M, Ulbrecht J & Cavanagh P (1998). The role of spindles in ankle movement perception in human subjects with diabetic neuropathy. *Exp Brain Res.* 120(1):1-8

Dillman. C. J., C. S. Fleisig, S. I. Werner. et al. (1990): *Biomechanics of the shoulder in sports: Throwing activities.* Pennington, NJ. Post Graduate Studies in Physical Therapy. Forum Medicum.

Duncan, C.J., and M.J. Jackson (1987): Different mechanisms mediate structural changes and intracellular enzyme flux following damage to skeletal muscle. *J Cell Sci.* 87: 183-188

Dvir. Z. (1995): *Isokinetic muscle testing, interpretation and clinical applications.* New York: Churchill Livingstone.

Ehrich, D., & Gebel, R. (1992): Προπόνηση αποκατάστασης μετά από αθλητικές κακώσεις. Θεσσαλονίκη: SALTO.

Enhan P. (1999): The role of plyometrics in the scope of a periodized training model. 1(1):11-20.

Fahlström Martin , Per Jonsson, Ronny Lorentzon and Håkan Alfredson (2003): Chronic Achilles tendon pain treated with eccentric calf-muscle training,,*Sports Medicine*, © Springer-Verlag 2003

Fielding RA (1997): the role of progressive resistance training and nutrition in the preservation of lean body mass in the elderly, *J Am Col Nutr* 14:587,

Fridfn, J, M. Sjostrom, and B. Ekblom (1981): A morphological study of delayed muscle soreness. *Experientia*. 37:506-507.

Gampetta, V. (1981). Plyometric training. In V. Gambetta (Ed.), Track and field coaching manual (pp. 58-59). West Point, NY: Leisure Press.

Gerodimos V., Kellis S., Manou V, Arseniou P. (1999): Ομόκεντρη σχέση καμπτήρων/εκκινόντων μυών του γονάτου σε επίλεκτους νέους ποδοσφαιριστές. Πρακτικά από το 5^ο διεθνές συνέδριο Αθλητιατρικής εταιρίας βορείου Ελλάδος, Θεσ/νικη, 239-243.

Gourgoulis V, Aggelousis N, Mavromatis G, and Garas A(2000): Three-dimensional kinematic analysis of the snatch of elite Greek weightlifters, *J Sports Sci* 18:643.

Granit K (1966). Lower Somatic Functions of the Nervous System. *Ann Rev Physiol* 26

Grantham N (2005): Eccentric muscle exercises *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol 16 (1), pp 9-13.

Greenberger H, B. and M. V. Paterno (1995): Relationship of knee extensor strength and hopping test performance in the assessment of lower extremity function. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 22(5): 202- 6.

Gremion G (2005). The effect of stretching on sports performance and the risk of sports injury:A review of the literature. *Sport medicine and Sport traumatologie*. 53(1):6–10

Griffin JW.(1987): Differences in elbow flexion torque measured, concentrically, eccentrically and isometrically. *Physio Therapy* 67:1205–8.

Guissard N, Duchateau J, and Hainaut K(1992): EMG and mechanical changes during sprint starts at different front block obliquities, *Med Sci Sports Exerc*,24:1257.

Hagbarth K (1964). Lower Somatic Functions of the Nervous System. *Ann Rev Physiol* 26:249-27

Hageman P. & T. Sorenson.(1995): Eccentric isokinetics.In *Eccentric muscle training in sports and orthopaedics*, 2d ed .. edited by M. Albert. New York: Churchill Livingstone.

Hagood. S .. M. Solomonow. R. Baratta. et al. (1990): The effect of joint *velocity* on the contribution of the antagonistic musculature to knee stiffness and laxity. *American Journal of Sports Medicine* 18(2): 182- 87.

Harrison, A.J. and Gaffney, S. (2001): Motor development and gender effects on stretch-shortening cycle performance. *Journal of Science and Medicine in Sport* 4, 406-415.

Hart L. (2009): Shock-waves treatment was more effective than eccentric training for chronic insertional Achilles tendinopathy. *Clinical Journal of Sport Medicine* 19(2): 152-153.

Hellwig. E. V. and D. H. Perrin. (1991): A comparison of two positions for assessing shoulder rotator peak torque: The traditional frontal plane versus the plane of the scapula. *Isokinetics Exercise Science* 1:1-5.

Henneman, E., et al (1965). Excitability and inhibit ability of motor neurons of different size. *Journal of Neurobiology*, 28: 599-620

Hennessy, L. and Kilty, J. (2001): Relationship of the stretch-shortening cycle to spring performance in trained female athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research* 15, 326-331.

Hewett, T.E., Stroupe, A.L., Nance, T.A. and Noyes, F.R. (1996): Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques. *American Journal of Sports Medicine* **24**, 765-773.

Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, Noyes FR(1999): the effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. *Am J sports Med* 27:699-706, 1999

Hewett TE, Stroupe AL, Nance TA, Noyes FR.(1996): Plyometric training in female athletes: decreased impact forces and increased hamstring torques. *Am J Sports Med.* 24:765-773.

Hill A.V.(1970): First and last experiments in muscle model. *Journal of Biomechanics*, 14Q747-758.

Hikida, R.S., R.S. Staron, F.C. Hagerman, W.M. Sherman, and L.D. Costill (1983): Muscle fibre necrosis associated with human marathon runners. *J Neurol. Sci.* 59: 185-203.

Hinson MN., Smith W.C., & Funk S., (1979): Isokinetics: A clarification. *Research quarterly*, 50,30-35.

Hislop H. and J. Perrine (1967): The isokinetic concept of exercise. *Physical Therapy* 47(2): 114-17.

Hofal (1998): in vivo measurement of the series elasticity release curve of human triceps surae muscle, *J Biomech* 31:793.

Holcomb, W.R., Lander, J.E., Rutland, R.M. and Wilson, G.D. (1996): A biomechanical analysis of the vertical jump and three modified plyometric depth jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research* **10**, 83-88.

Hortobagyi T, Katch FI.(1995): Eccentric and concentric torquevelocity relationships during arm flexion and extension. *Eur J Appl Physiol* 1995;**60**:395–401.

Huxley, A. F. (1957). Muscle structure and theories of contraction. *Progress in Biophysics and Biophysical Chemistry*, 7:255-318

Inglis J, Horak F, Shupert C & Jones-Rycewicz C (1994). The importance of somatosensory information in triggering and scaling automatic postural responses in humans. *Exp Brain Res* 101(1): 159-64

Jacobs R et al (1993): function of mono – and biarticular muscles in running, *Med Sci Sport Exerc*, 25 :1163.

Jamsem, J.K., Rudford, T. (1964). On the silent period and Golgi tendon Organs of the soleus muscle of the cat. *Acta Physiologica Scandinavica*, 62:364-379

Javorek, L (1989): Plyometrics. *National Strength and Conditioning Association journal* 11 :52,

Jonsson P, Alfredson H, Sunding K, Fahlstrom M, Cook J(2008): New regimen for eccentric calf-muscle training in patients with chronic insertional Achilles tendinopathy: results of a pilot study. *British Journal of Sports Medicine*, 42(9): 746-749.

Kellis E., Baltzopoulos V.,(1995): Isokinetic eccentric exercise. *Sports Medicine* 19(3): 202-222

Kisner C. and Colby A.L. (2003): Θεραπευτικές Ασκήσεις, Βασικές αρχές και Τεχνικές. Ιατρικές εκδόσεις Σιώκης.

Κλεισούρας B.,(2003). Εργοφυσιολογία, ιατρικές εκδόσεις Πασχαλίδη

Knobloch K, Schreibmueller L, Longo UG, Vogt PM (2008):

Eccentric exercise for the management of tendinopathy of the main body of the Achilles tendon with or without an Air Heel Brace. A randomized controlled trial. A: effects on pain and microcirculation. *Disability and Rehabilitation*, 30(20-22):1685-1691.

Komi P.V. (1984). Physiological and biomechanical correlates of muscle function : Effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. In R.L. Terjung (Ed.). *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 12:81- 121.

Komi PV, Linnamo V, Silventoinen P, and Sillanpaa M (2000): Force and Emg power spectrum during eccentric and concentric action, *Med Sci Sports Exerc*, 32:1757

Komi, P.V. (1992): The stretch-shortening cycle. In: *Strength and power in sport*. Boston, Mass: Blackwell Scientific. 169-179.

Kountouris A, Cook J (2007): Rehabilitation of Achilles and patellar tendinopathies. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 21(2): 295-316.

Kramer JF, MacDermid J.(1989): Isokinetic measures during concentric-eccentric cycles of the knee extensors. *Australian Journal of Physiotherapy* 1989;**35**:9–14.

Kubo K, Kanehisa H, Takeshita D, Kawakami Y, Fukashiro S and Fukunaga T(2000): In vivo dynamics of human medial gastrocnemius muscle- tendon complex during stretch-shortening cycle exercise, *Acta Physiol Scand* 170:127.

Kues. J. M., J. M. Rothstein, and R. L. Lamb. (1992): Obtaining reliable measurements of knee extensor torque produced during maximal voluntary contractions: An experimental investigation. *Physical Therapy* 72(7): 492-504.

Lees, A. and Graham-Smith, P.(1996): Plyometrics training: areview of principles and practice. *Sport exercise and injury*, 2, 24-30

Leiber L. (2002): Skeletal muscle structure, function and plasticity. 2nded. Philadelphia (PA): Lippincott Williams and Wilkins.

Lephart S. M., D. H. Perrin, F. H. Fu. J. C., Gieck P., C. McCue and J. J. Irrgang (1992): Relationship between selected physical characteristics and functional capacity in the anterior cruciate ligament-insufficient athlete. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 16: 1 74-81.

Lephart S. M., Fu F.H.(1995): The role of proprioception in the treatment of sports injuries. *Sports exercise and injuries*, 1:96-102.

Lephart S. M et al (1998): Proprioception of the ankle and knee. *Sports Medicine*, 25(3):149-155.

Lephart S. M, Hery T.J. (1996): The physiological basics for open and closed kinetic chain rehabilitation for the upper extremity. *J. Sports Rehabilitation*, 5:71-87.

Leveau. B. (1992): *Williams and Lister's biomechanics of human Motion* 3d ed. Philadelphia: W. B. Saunders.

Lockhart, R.D. (1973): Anatomy of muscle and their relation to movement and posture. In Bourne GH, ed: *The structure and function of muscle fascicles*, vol 1, New York, 1973, Academic Press, Inc.

Lord P, Campagna, P.(1997): Drop height selection and progression in a drop jump program. *Strength Conditioning*. 1997, 19 (6): 65-69.

Maffulli N, Walley G, Sayana MK, Longo UG, Denaro V (2008): Eccentric calf muscle training in athletic patients with achillies tendinopathy. *Disability and rehabilitation*, 30(20-22): 1677-1684.

Μανδρούκας Κωνσταντίνος (2004). Μυϊκές Διατάσεις. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Μακεδονίας. Θεσσαλονίκη

Marieb, E. (1995): *Human Anatomy and Physiology*. U.S.A: Benjamin/Cummings, pp. 251-270.

Mastaglia, F.L., and Sir J. Walton(1982): *Skeletal muscle Pathology*. London:Churchill Livingstone.

McCall GE, Byrnes WC, Dickinson A, Pattany PM,and Fleck SJ (1996): Muscle fiber hypethropy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training, *J Appi Physiol* 81:2004.

McKnight CM, Armstrong CW (1997): The role of ankle strength in fuctional ankle instability. *JOS Rehabilitation*, 6:21-29.

Miller, M.G., Berry, D.C., Bullard, S. and Gilders, R. (2002): Comparisons of land-based and aquaticbased plyometric programs during an 8-week training period. *Journal of Sports Rehabilitation* **11**, 269-283.

Miller Michael G., Jeremy J. Herniman , Mark D. Ricard, Christopher C. Cheatham ,Timothy J. Michael (2006): The effects of a 6-week plyometric training program on agility. *Journal of Sports Science and Medicine* (2006) **5**, 459-465

Moritani T. and DeVries, H.A,(1979). Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *American Journal of Physical Medicine*, 58(3):115-130

Nardone A, Tarantola J, Miscio G, Pisano F, Schenone A & Schieppati M (2000). Loss of large-diameter spindle afferent fibres is not detrimental to the control of body sway during upright stance: evidence from neuropathy. *Exp Brain Res* 135(2): 155-62

Newton, R.A. (1982). Joint receptor contributions to reflexive and kinesthetic responses. *Physical Therapy*, 62:106-111

Nicol C., Avela J. and Komi V.P (2006):The Stretch-Shortening Cycle,A Model to Study Naturally Occurring Neuromuscular Fatigue,*Sports Med*; 36 (11): 977-999

Norris Christopher, (2007): Sports injuries: diagnosis and management, third edition, 5, 109-110

Olson VL, Smidt GL, Johnston R.(1972): The maximum torque generated by the concentric, isometric and eccentric contractions of the hip abductor muscles. *Phys Ther* 52:149–52.

Ostenberg A ., E. Roos, C. Ekdahl and H. Roos, (1998): Isokinetic knee extensor strength and functional performance in healthy female soccer players. *Scandinavia Journal of Medicine and Science in Sports* 8(5-1): 257-64.

Osterning LR.(1986): Isokinetic dynamometry:muscle testing and rehabilitation. *Exercise and sport sciences reviews*, 14:45-80

- Paasuke, M., Ereline, J. and Gapeyeva, H. (2001):** Knee extensor muscle strength and vertical jumping performance characteristics in pre and postpubertal boys. *Pediatric Exercise Science* **13**, 60- 69.
- Parley CT and Gonzalez (1996):** leg stiffness and stride frequency in human running, *J Biomech* 29:181.
- Parsons, L.S. and Jones, M.T. (1998):** Development of speed, agility and quickness for tennis athletes. *Strength and Conditioning* **20(3)**, 14-19.
- Payne KA et al (1997):** Ankle injuries and ankle strength, flexibility, and proprioception in college basketball players. *J. of Athletic Training*, 32(3): 221-225.
- Perrin D(1993):** Isokinetic exercise and assessment. Human Kinetics, Champaign, IL.
- Perrin D, R. Robertson and R. Lay (1987):** Bilateral isokinetic peak torque, torque acceleration energy, power, and work relationships in athletes and non-athletes. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 9(5): 184 89.
- Prentice W.E. (2004):** Rehabilitation Techniques for sports medicine and athletic training, ed. 4.
- Pfeiffer, R. (1999):** Plyometrics in sports injury rehabilitation. *Athletic Therapy Today* 4(3), 5.
- Potteiger, J.A., Lockwood, R.H., Haub, M.D., Dolezal, B.A., Alumzaini, K.S., Schroeder, J.M. and Zebas, C.J. (1999):** Muscle power and fiber characteristic following 8 weeks of plyometric training. *Journal of Strength and Conditioning Research* **13**, 275- 279.

Poulmedis P., G. Rondoyannis., A. Mitsou. et al (1988): The influence of isokinetic muscle torque exerted in various speeds on soccer ball velocity. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 10(3): 93-96.

Racouillat M. (2007): Use of plyometrics in the rehabilitation of a female lacrosse player following patellar dislocation, *Orthopaedic Practice* Vol. 193:07.

Renfro, G. (1999): Summer plyometric training for football and its effect on speed and agility. *Strength and Conditioning* 21(3), 42-44.

Robinson, B.M. and Owens, B. (2004): Five-week program to increase agility, speed, and power in the preparation phase of a yearly training plan. *Strength and Conditioning* 26(5), 30-35.

Rodgers K.C. and Berger K.A. (1974): Motor unit involvement and tension during maximum voluntary concentric, eccentric and isometric contraction of the elbow flexors. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 6: 253-259.

Rompe D, Furla J, Maffulli N. (2008): Mid portion Achilles tendinopathy- current options for treatment. *Disability & Rehabilitation* , 30(20-22):1666-1676.

Rompe D, Furla J, Maffulli N. (2008): Eccentric loading compared with shock wave treatment for chronic insertional Achilles tendinopathy. A randomized, controlled trial. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 90(1): 52-61.

Roper, R.L. (1998): Incorporating agility training and backward movement into a plyometric program. *Strength and Conditioning* **20 (4)**, 60-63.

Rothstein . J., L. Lamb and T. Mayhew (1987): Clinical uses of isokinetic measurements. *Physical Therapy* *67(12)*: 1840-44.

Sale D.(1988): Neural adaptation to resistance training. *Med Sci Sports Exerc.* 1988, 20: S135-S145

Shultz SJ, Perrin DH(1999). Using surface electromyography to assess sex differences in neuromuscular response characteristics. *J Athl Training.* 34: 165-176.

Smith,J.L. (1976). Fusimotor loop properties and involvement during voluntary movement. In j. Keogh, R. S. Hutton (Eds). *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 4:297-333

Stauber WT (1989) : Eccentric action of muscles : physiology, injury, and adaptation. *Exerc and Sport Sci Rev* 17: 157-185 .

Swash, M., and M.S. Schwartz (1988): *Neuromuscular diseases.* London : Spring/Verlang, p. 193-201.

Taaffe DR, Pruiyy L, Pyka G, Guido D, and Marcus R (1996): Comparative effects of high- and low- intensity resistance training on thigh muscle strength, fiber area, and tissue composition in elderly woman, *Clin Physiol* 16: 381.

Thistle, H.G., Hislop, H.J., Moffroid, M., & Lohman, E.W.(1967): Isokinetic contraction: A new concept of resistive exercise. Archives of physical Medicine and rehabilitation, 48. 279-282.

Timm KE, Davies GJ (1991): Eccentric exercise . In : Duncan P (ed), Proceedings of the Annual Conference of the American Physical Therapy Association, Boston, MA. : American Physical Therapy Association .

Trudelle-Jackson E, Meske N, Highenboten C, et al.(1989): Eccentric/concentric torque deficits in the quadriceps muscle. *J Orthop Sports Phys Ther* 11:142–5.

Twist, P.W. and Benicky, D. (1996): Conditioning lateral movements for multi-sport athletes: Practical strength and quickness drills. *Strength and Conditioning* 18(5), 10-19.

Valovich T.C., J.M. Drouin, S. J. Shultz. D.II. Perrin. and B. M. Gansneder (200 1): Reliability of the Biodex System 3 Pro isokinetic dynamometer velocity, torque, and position measurements. *Journal of Athletic Training* 36 (25): 103.

Vander A., Sherman J., Luciano D., Tsakopoulos M. (2001): Φυσιολογία του ανθρώπου, Μηχανισμοί της λειτουργίας του Οργανισμού. Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδης Π.Χ.

Veroshanski Y.(1966). Perspectives in the improvement of speed-strength preparation of jumpers. Thack and field 9:11. In Yessis Review of Soviet Physical Education and Sports (1969), 4, 28-34

Veroshanski Y.(1967). Are depth jumps useful? Thack and field 12:9. In Yessis Review of Soviet Physical Education and Sports (1968), 3, 75.

Voight, M.L and Draovitch, P.(1991): Plyometrics. In eccentric muscle training in sports and orthopaedics (ed. M. Albert), Churchill Livingstone, London

Wathen, D. (1993): Literature review: explosive/ plyometric exercises. *Strength and Conditioning* **15(3)**, 17-19.

Wilson, G.J., Newton, R.U., Murphy, A.J. and Humphries, B.J. (1993): The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* **25**, 1279-1286.

Wilt F, & Ecker T. (1970). International Track and field Coaching Encyclopedia. West Nyack, NY: Parker Publ.

Wilk KE, Andrews JR, Zarin B, (1997) : Injuries in Baseball. Philadelphia, Lippincott-Raven, 1997, p.44.

Wilk KE, Brotzman BS (2003): clinical orthopaedic rehabilitation

Wikstrom E.,Tillman M.D. ,Chmielewski T.L. and Borsa P.A.(2006) :Measurement and Evaluation of Dynamic Joint Stability of the Knee and Ankle After Injury,Sports Med ; 36 (5): 393-410

Wyatt. M., and A. Edwards. (1981) : Comparisons of quadriceps and ham-string torque values during isokinetic exercise. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* **3(2)**: 48- 56.

Yap, C.W. and Brown, L.E. (2000): Development of speed, agility, and quickness for the female soccer athlete. *Strength and Conditioning* **22**, 9-12

Young, W.B., McDowell, M.H. and Scarlett, B.J. (2001): Specificity of spring and agility training methods. *Journal of Strength and Conditioning Research* **15**, 315-319.