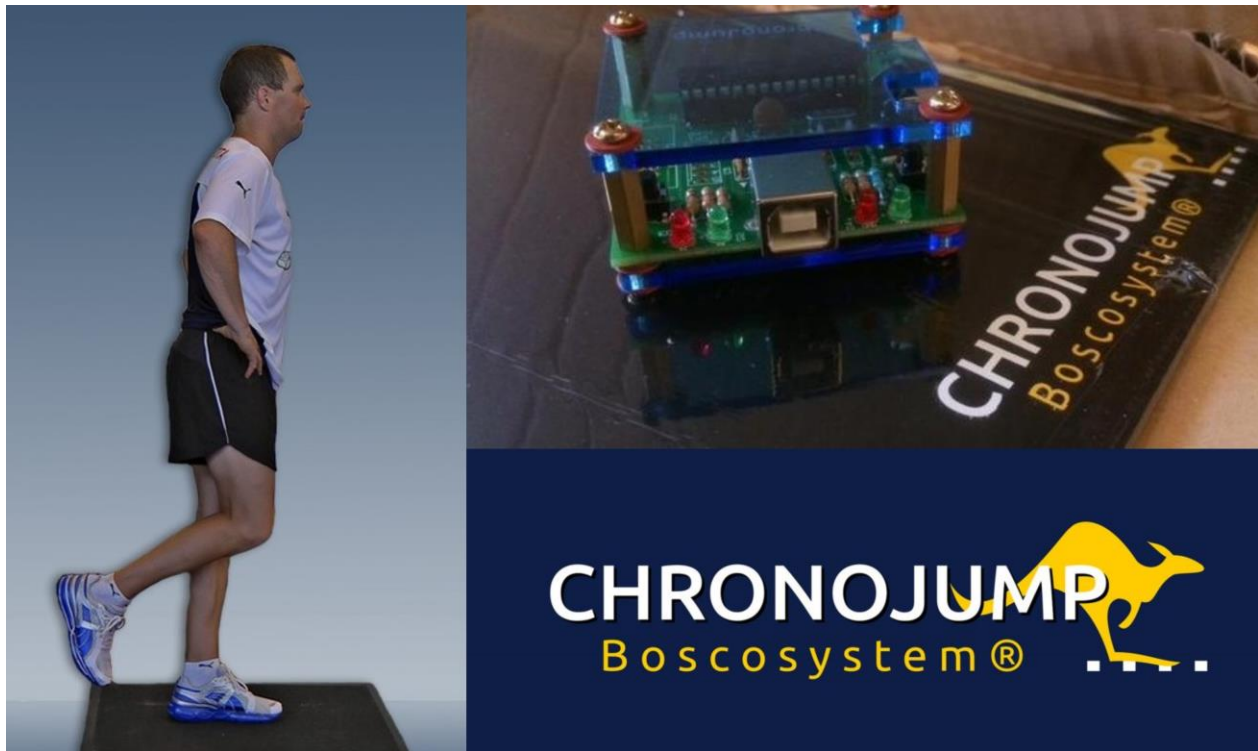




ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΓΚΥΡΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΤΟΥ CHRONOJUMP ΣΤΗΝ ΚΛΙΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΚΑΤΩ ΑΚΡΟΥ



ΠΑΝΑΓΗ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ

ΣΟΝΤΗ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΦΟΥΣΕΚΗΣ

ΑΙΓΙΟ-2018

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Οφείλουμε ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κύριο Κωνσταντίνο Φουσέκη για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μας πρόσφερε στην διεκπεραίωση της πτυχιακής εργασίας, καθώς και για την ευκαιρία και εμπιστοσύνη που μας έδειξε.

Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερα τον κύριο Ηλία Τσέπη και τον κύριο Παναγιώτη Γκρίλια για τον χρόνο που μας αφιέρωσαν στην εκμάθηση του Chronojump καθώς και όλους τους καθηγητές του τμήματος Φυσικοθεραπείας του Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδος για τις γνώσεις που μας μεταλαμπάδευσαν όλα αυτά τα χρόνια.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> .....	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ .....	10
2.1. ΑΝΑΤΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ .....	10
2.2. ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ .....	17
2.2.1. ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΑΛΜΑΤΟΣ .....	19
2.3. ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΣΚΗΣΗ .....	24
2.3.1. ΟΡΙΣΜΟΣ .....	25
2.3.2. ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ.....	26
2.3.4. ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ .....	27
2.3.5. ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ .....	31
2.4 ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΕ ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ..	33
2.5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ .....	33
2.5.1 ΑΛΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ.....	35
2.5.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΥΨΟΥΣ ΚΑΘΕΤΟΥ ΑΛΜΑΤΟΣ .....	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> .....	40
3.1. ΔΕΙΓΜΑ.....	40
3.2. ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ.....	40
3.3 CHRONOJUMP.....	40
3.4 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑΣ.....	42
3.5 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 <sup>ο</sup> .....	51
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	51

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5° .....	58
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	58
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	60
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....	66

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

**Εικόνα 1: Οστά της άρθρωσης του γόνατος ([robo-orthopedics.gr](http://robo-orthopedics.gr))**

**Εικόνα 2: Μηγίσκοι και σύνδεσμοι της άρθρωσης του γόνατος ([pegasus-imathia.gr](http://pegasus-imathia.gr))**

**Εικόνα 3: Μηγίσκοι της άρθρωσης του γόνατος (άνω όψη) ([osc-ortho.com](http://osc-ortho.com))**

**Εικόνα 4: Μύες της πρόσθιας (αριστερά) και οπίσθιας (δεξιά) επιφάνειας του κάτω άκρου ([www.care.gr](http://www.care.gr))**

**Εικόνα 5: Το μοντέλο των τριών στοιχείων (προσαρμοσμένο από Hoogenboom, 2014)**

**Εικόνα 6: Παράγοντες αύξησης της μυϊκής απόδοσης κατά την πλειομετρική άσκηση (προσαρμοσμένο από Φουσέκη, 2015)**

**Εικόνα 7: Καταγραφή ύψους κατακόρυφου άλματος σε δυναμοδάπεδο ([www.sensorland.com](http://www.sensorland.com))**

**Εικόνα 8: Καταγραφή ύψους κατακόρυφου άλματος σε contact mat ([www.researchgate.net](http://www.researchgate.net))**

**Εικόνα 9: Καταγραφή ύψους κατακόρυφου άλματος με ανάλυση βίντεο ([www.semanticscholar.org](http://www.semanticscholar.org))**

**Εικόνα 10: Καταγραφή ύψους κατακόρυφου άλματος μέσω της δοκιμασίας Sargent's ([www.homeexerciseequipmenthq.com](http://www.homeexerciseequipmenthq.com))**

**Εικόνα 11: Καταγραφή ύψους κατακόρυφου άλματος μέσω του συστήματος Vertec ([www.bsnsports.com](http://www.bsnsports.com))**

**Εικόνα 12: Ηλεκτρονικός τάπητας Chronojump (αριστερά) Λογισμικό Chronojump (δεξιά) ([www.chronojump.org](http://www.chronojump.org))**

**Εικόνα 13: Αποκωδικοποιητής Chronopic (αριστερά) Καλώδιο USB και RCA 1,5m (δεξιά) ([www.chronojump.org](http://www.chronojump.org))**

**Εικόνα 14: Βαλλιστικές διατάξεις καμπτήρων και εκτεινόντων του ισχίου**

**Εικόνα 15: Βαλλιστικές διατάξεις των εκτεινόντων του ισχίου με έμφαση στον δικέφαλο μηριαίο**

**Εικόνα 16: Βαλλιστικές διατάξεις προσαγωγών του ισχίου**

**Εικόνα 17: Βαλλιστικές διατάξεις της ποδοκνημικής**

**Εικόνα 18: Βαλλιστικές διατάξεις του κορμού**

**Εικόνα 19: Δοκιμασία πρόσθιας αναπήδησης. Θέση έναρξης (αριστερά) Τελική θέση (δεξιά)**

**Εικόνα 20: Κατακόρυφο μονοποδικό άλμα. Θέση έναρξης (αριστερά) Φάση αιώρησης (δεξιά)**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

**Εισαγωγή:** Τα κατακόρυφα άλματα χρησιμοποιούνται εκτενώς στην βιβλιογραφία ως μέσο παρακολούθησης των αθλητικών επιδόσεων και ως μέσο αξιολόγησης των προπονητικών παρεμβάσεων. Επιπλέον έχουν χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση των δυνατοτήτων των εκτεινόντων μυών των κάτω άκρων σε προπόνηση μέγιστης έντασης και για την εκτίμηση της αναερόβιας ικανότητας. Γι αυτό το λόγο έχουν σχεδιαστεί διάφορα μέσα με σκοπό την μέτρηση του ύψους του κατακόρυφου άλματος εκ των οποίων πολλά δεν είναι πρακτικά, είναι πολύ ακριβά και δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν στον αγωνιστικό χώρο.

**Σκοπός:** Σε αυτή την έρευνα χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα Chronojump για την μέτρηση του ύψους του κατακόρυφου άλματος με σκοπό να ελεγχθεί η εγκυρότητα και η αξιοπιστία της πλατφόρμας στην κλινική αξιολόγηση του κάτω άκρου και συγκεκριμένα στο μονοποδικό πρόσθιο και μονοποδικό κατακόρυφο άλμα

**Μέθοδος:** Στην έρευνα συμμετείχαν 42 άτομα εκ των οποίων 23 ήταν γυναίκες και 19 άντρες, ηλικίας από 19 έως 23 ετών. Όλοι οι συμμετέχοντες ήταν φοιτητές της σχολής ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας παράρτημα Αιγίου και όλες οι μετρήσεις διεξήχθησαν στον χώρο του ΤΕΙ Αιγίου. Για την κλινική εξέταση του κάτω άκρου το δείγμα χωρίστηκε τυχαία σε 2 ομάδες ανάλογα με το πόδι εκκίνησης των δοκιμασιών, 21 άτομα ξεκίνησαν με το δεξί πόδι και 21 με το αριστερό και αξιολογήθηκαν στη μέγιστη δυνατή απόσταση που μπορούν να διανύσουν σε πρόσθιο άλμα και στο μέγιστο ύψος και ισχύ σε κατακόρυφο άλμα με την χρήση της πλατφόρμας Chronojump.

**Αποτελέσματα:** Τα δεδομένα υπολογίστηκαν όσον αφορά τα περιγραφικά τους στοιχεία με τη χρήση του υπολογιστικού προγράμματος SPSS 13. Η αξιοπιστία εσωτερικής συνέπειας των μετρήσεων ενός εργαλείου-εξοπλισμού αναφέρεται στο βαθμό στον οποίο οι μετρήσεις που μετρούν τις ίδιες μεταβλητές παρουσιάζουν υψηλή συνοχή ή συσχέτιση, τόσο μεταξύ τους όσο και με το χαρακτηριστικό αυτό. Η εκτίμηση της αξιοπιστίας αυτής της μορφής πραγματοποιήθηκε με τον δείκτη αξιοπιστίας  $\alpha$  του Cronbach. Ο υπολογισμός του δείκτη αξιοπιστίας συνοδεύτηκε από τη χρήση του δείκτη Intraclass Correlation Coefficient για την περαιτέρω ενίσχυση των υπολογισμών αξιολόγησης της αξιοπιστίας των μετρήσεων

**Συμπεράσματα:** Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας δείχνουν ισχυρή αξιοπιστία της πλατφόρμας Chronojump για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις. Αποδείχθηκε ότι το Chronojump είναι ένα αξιόπιστο και έγκυρο εργαλείο μέτρησης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κλινική πράξη.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για να χαρακτηριστεί μια έρευνα επιτυχής πρέπει να αποτελείται από δύο σημαντικά συστατικά, την εγκυρότητα και την αξιοπιστία.

Ως εγκυρότητα μιας έρευνας ορίζεται ο βαθμός κατά τον οποίο η τεκμηρίωση και η θεωρία υποστηρίζουν την ερμηνεία των αποτελεσμάτων και την προτεινόμενη χρήση της έρευνας (American Educational Research Association, American Psychological Association, & National Council on Measurement in Education 1999). Διακρίνεται σε εσωτερική εγκυρότητα και εξωτερική εγκυρότητα.

Η εσωτερική εγκυρότητα είναι ο βαθμός στον οποίο μία μελέτη (ένα διαγνωστικό εργαλείο, μία κλίμακα) μετρά αυτό που υποτίθεται ότι μετρά. Με την εσωτερική εγκυρότητα απαντάται το ερώτημα εάν οι συνθήκες της έρευνας εγγυώνται τα συμπεράσματα. Αυτό αναφέρεται στο κατά πόσο η ανεξάρτητη μεταβλητή είναι αίτιο ή μπορεί να επηρεάζει την εξαρτημένη μεταβλητή. Όταν υπάρχει έλλειψη εγκυρότητας στην ουσία τα αποτελέσματα δεν είναι ερμηνεύσιμα. Η εσωτερική εγκυρότητα αποτελεί χαρακτηριστικό του σχεδιασμού της έρευνας και των μεθόδων της έρευνας, δηλαδή των τρόπων επιλογής δειγμάτων, συλλογής και ανάλυσης δεδομένων. Οποιαδήποτε έρευνα μπορεί να επηρεαστεί από διάφορους παράγοντες που ενώ είναι ξένοι ως προς αυτό που εστιάζει η έρευνα, μπορεί να ακυρώσουν τα συμπεράσματα. Πρώτιστη ευθύνη των ερευνητών είναι ο έλεγχος των πιθανών παραγόντων που απειλούν την ερευνητική εγκυρότητα.

Η εξωτερική εγκυρότητα αφορά το βαθμό στον οποίο τα αποτελέσματα της μελέτης μπορούν να γενικευτούν, όσον αφορά τους πληθυσμούς, το περιβάλλον ή και τις μεταβλητές μέτρησης. Για παράδειγμα, εάν μια έρευνα έχει διεξαχθεί πάνω σε παιδιά με ένα σύνδρομο, ενδεχομένως τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας να μπορούν να επεκταθούν σε άλλες ομάδες παιδιών με διαφορετικό σύνδρομο και παρόμοια χαρακτηριστικά. Αντιθέτως, αν μια έρευνα έχει διεξαχθεί σε πολύ ελεγχόμενες συνθήκες ενός εργαστηρίου ενδεχομένως τα αποτελέσματα αυτά να μην μπορούν να γενικευτούν σε πραγματικό περιβάλλον. Αυτό είναι ένα σημαντικό θέμα για την τεκμηριωμένη πρακτική.

Η αξιοπιστία δείχνει το κατά πόσο τα ερευνητικά αποτελέσματα είναι συνεπή και κατά πόσο αν επαναληφθεί η ερευνητική διαδικασία κάτω από τις ίδιες συνθήκες θα οδηγήσει στα ίδια συμπεράσματα. Δηλαδή εάν άλλοι ερευνητές πραγματοποιήσουν την ίδια έρευνα ακολουθώντας την ίδια μεθοδολογία κάτω από τις ίδιες συνθήκες, θα φτάσουν στα ίδια συμπεράσματα.

Όσον αφορά ένα εργαλείο μέτρησης, θα πρέπει επαναλαμβανόμενες μετρήσεις να δίνουν τα ίδια αποτελέσματα (σταθερότητα/συνέπεια εργαλείου μέτρησης) και γι αυτό συχνά ακολουθείται μια διαδικασία test-retest (επαναληπτικού ελέγχου). Σε αυτή την διαδικασία επαναληπτικού ελέγχου εφαρμόζεται η δοκιμασία και μετά από ένα χρονικό διάστημα επαναλαμβάνεται η διαδικασία σε όλο ή μέρος του δείγματος (προϋπόθεση αποτελεί να μην υπάρχει αλλαγή στις μετρηθείσες μεταβλητές στο διάστημα που μεσολάβησε).

Στην παρούσα έρευνα το εργαλείο μέτρησης που χρησιμοποιήθηκε είναι το Chronojump. Το Chronojump είναι ένα φορητό σύστημα αξιολόγησης το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί ελάχιστα στις



επιστημονικές έρευνες καθώς είναι καινούριο στον χώρο. Αποτελείται από έναν ηλεκτρονικό τάπητα με fiberglass, χάρη στον οποίο δίνονται ακριβή δεδομένα σχετικά με τον χρόνο και την δύναμη, καθώς έρχεται ο εξεταζόμενος σε επαφή με την πλατφόρμα. Αποτελείται επίσης από έναν αποκωδικοποιητή για την μεταφορά των δεδομένων, έναν μετρητή ισχύος Encoder για να υπολογίζεται το καλύτερο φορτίο και τέλος το λογισμικό Chronojump που βρίσκεται εγκατεστημένο στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Τα δεδομένα που συλλέγει το συγκεκριμένο εργαλείο είναι ο χρόνος επαφής και πτήσης, το ύψος της πτήσης, η ισχύς, οι δείκτες της δύναμης-ταχύτητας, η ελαστικότητα και η χρήση των χεριών. Επίσης γίνεται συσχέτιση του χρόνου πτήσης και της ώθησης για ένα απλό ή ένα επαναλαμβανόμενο άλμα και την εξέλιξή του κατά την διάρκεια του τεστ. Επιπλέον, μετριούνται ο δείκτης κόπωσης, η μέση και η μέγιστη ισχύς και υπάρχουν στατιστικές και γραφικές παραστάσεις που συγκρίνουν διάφορες δοκιμασίες. Τέλος με αυτό το εργαλείο είναι δυνατή η παρακολούθηση της εξέλιξης του άλματος από τεστ σε τεστ.

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η αξιολόγηση της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν με το Chronojump στην κλινική αξιολόγηση των κάτω άκρων και συγκεκριμένα σε δοκιμασίες πρόσθιας αναπήδησης και κατακόρυφου άλματος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

### 2.1. ΑΝΑΤΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ

#### Η ΑΡΘΡΩΣΗ

Η άρθρωση του γόνατος είναι η μεγαλύτερη και η πιο σύνθετη διάρθρωση του ανθρώπινου σώματος. Αποτελείται από δύο αρθρώσεις: την κνημομηριαία άρθρωση και την επιγονατιδομηριαία. Η περόνη δεν συμμετέχει στην άρθρωση. Ωστόσο ο Magee (1997) αναφέρει πως περίπου στο 10% του πληθυσμού, η επιγονατιδομηριαία, η κνημομηριαία και η κνημοπερονιαία άρθρωση έχουν κοινό θύλακα (Τσακλής,2000). Είναι μια τροχογύγγλυμη άρθρωση χάρις στην οποία εκτελούνται κυρίως κινήσεις όπως η κάμψη και η έκταση ενώ είναι δυνατές οι στροφικές κινήσεις και οι κινήσεις προσαγωγής - απαγωγής σε πολύ μικρότερο βαθμό. Λόγω του διαφορετικού σχήματος των αρθρικών επιφανειών οι κινήσεις της άρθρωσης εξομαλύνονται από τους ινοχόνδρινους έσω και έξω μηνίσκους. Σημαντικό ρόλο στην σταθεροποίηση της άρθρωσης του γόνατος κατά την εκτέλεση των κινήσεων έχουν οι πλάγιοι και οι χιαστοί σύνδεσμοι καθώς συνδέουν μεταξύ τους τα άκρα του μηριαίου και της κνήμης διατηρώντας τα σε επαφή. Η άρθρωση σχετίζεται με την στήριξη του βάρους του σώματος κατά την όρθια στάση (Gray's, 2005).

#### ΤΑ ΟΣΤΑ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ

Η άρθρωση του γόνατος αποτελείται από το κάτω μηριαίο οστό, την άνω κνήμη και την επιγονατίδα (Oatis, 2010). Η περόνη παρόλο που δεν παίζει πρωταγωνιστικό ρόλο στην μηχανική του γόνατος, ορισμένοι μύες που διασχίζουν το γόνατο προσφύονται σε αυτή (Oatis, 2010).



**Εικόνα 21: Οστά της άρθρωσης του γόνατος (robo-orthopedics.gr)**

Το μηριαίο οστό είναι το μακρότερο και ισχυρότερο οστό του σώματος. Αποτελείται από το σώμα, τον αυχένα και τα δύο άκρα, το άνω και το κάτω άκρο. Το κάτω άκρο του μηριαίου σχηματίζεται από τον έσω και τον έξω κόνδυλο οι οποίοι ενώνονται στην πρόσθια επιφάνεια με την μηριαία τροχαλία αποτελώντας την αρθρική επιφάνεια με την επιγονατίδα. Ο έσω και έξω κόνδυλος, στην κάτω και οπίσθια επιφάνεια τους, χωρίζονται μεταξύ τους με την μεσοκονδύλια εντομή ή μεσοκονδύλιο βόθρο, όπου αρθρώνονται με την κνήμη (Oatis, 2010). Οι αρθρικές επιφάνειες αυτών των οστών καλύπτονται από υαλοειδή χόνδρο (Gray's, 2005). Πάνω από τους μηριαίους κόνδύλους βρίσκονται το έσω και το έξω υπερκονδύλιο κύρτωμα.

Η επιγονατίδα είναι πλατύ, συσαμοειδές οστό και έχει τριγωνικό σχήμα, με την βάση της να βρίσκεται προς τα πάνω και την κορυφή της να βρίσκεται προς τα κάτω. Έχει δυο επιφάνειες, την πρόσθια και την οπίσθια, όπου η πρόσθια επιφάνεια διακρίνεται σε τρεις μοίρες και ενώνεται με τον τένοντα του τετρακέφαλου (Oatis, 2010). Η οπίσθια επιφάνεια διακρίνεται σε μια αρθρική επιφάνεια, συνδέεται με τους κόνδύλους του μηριαίου οστού και σε μια άπω επιφάνεια η οποία έχει λιπώδη ιστό, το υποεπιγονατιδικό λιπώδες σώμα (Φουσεκής, 2015).

Η κνήμη είναι το δεύτερο μεγαλύτερο οστό του ανθρώπινου σώματος, αποτελείται από το σώμα, το άνω και το κάτω άκρο. Το άνω άκρο είναι πιο ευρύ στο εγκάρσιο επίπεδο ώστε να δέχεται το βάρος του σώματος (Gray's, 2005). Στην άνω επίφυση της κνήμης βρίσκεται ο έσω και ο έξω κνημιαίος κόνδυλος. Ο έξω κόνδυλος είναι μικρότερος από τον έσω, χωρίζονται από μια ενδιάμεση περιοχή, το μεσοκονδύλιο έπαρμα όπου οι πλευρές του υψώνονται και σχηματίζουν το έσω και το έξω μεσοκονδύλιο φύμα. Στη μεσοκονδύλια περιοχή προσφύονται οι σύνδεσμοι (πρόσθιος και οπίσθιος χιαστός) και οι μεσάρθριοι χόνδροι (μηνίσκοι). Λίγο παρακάτω από τους κόνδύλους στην πρόσθια επιφάνεια της κνήμης υπάρχει ένα μεγάλο κνημιαίο όγκωμα ή κύρτωμα το οποίο έχει σχήμα τριγώνου με την κορυφή προς τα κάτω και μια ανώμαλη επιφάνεια όπου προσφύονται μυς και σύνδεσμοι (Gray's, 2005).

## ΟΙ ΑΡΘΡΙΚΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ

Η κνημομηριαία άρθρωση η οποία δέχεται το βάρος του σώματος, αποτελείται από τις αρθρικές επιφάνειες των μηριαίων κονδύλων και τις κνημιαίες γλάνες. Κατά την κάμψη του γόνατος οι επιφάνειες τους έχουν κυρτό ή κυκλικό σχήμα, ενώ κατά την έκταση είναι επίπεδες. Η επιγονατιδομηριαία άρθρωση επιτρέπει στην ελκτική ενέργεια του τετρακέφαλου μηριαίου να κατευθύνεται μπροστά από το γόνατο προς την κνήμη, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος ρήξης του καταφυτικού τένοντα. Οι αρθρική επιφάνεια της επιγονατιδομηριαίας είναι μια αύλακα της πρόσθιας επιφάνειας του κάτω άκρου του μηριαίου οστού (σχήματος V), όπου ενώνονται οι μηριαίοι κόνδυλοι και οι αρθρικές επιφάνειες της οπίσθιας επιφάνειας της επιγονατίδας. Επιπλέον, οι δύο διαρθρώσεις περικλείονται από τον ίδιο αρθρικό θύλακα (Gray's, 2005).

### ΑΡΘΡΙΚΟΣ ΘΥΛΑΚΑΣ

Ο αρθρικός θύλακος του γόνατος περιβάλλει τα οστά της άρθρωσης αυτής και αποτελεί το μεγαλύτερο αρθρικό θύλακα του ανθρώπινου σώματος. Αποτελείται από τον ινώδη θύλακα και τον αρθρικό υμένα. Ο ινώδης θύλακας προσφύεται προς τα πίσω με το οπίσθιο άκρο του μηριαίου κονδύλου και το οπίσθιο άκρο του κνημιαίου κονδύλου και εκτείνεται στην μεσοκονδύλια εντομή. Δημιουργείται και υποστηρίζεται από επεκτάσεις των τενόντων των μυών που περιτριγυρίζουν την άρθρωση (Gray's, 2005). Ο αρθρικός υμένας της άρθρωσης του γόνατος είναι πιο μεγάλος από τον ινώδη θύλακα. Προσφύεται στα χείλη των αρθρικών επιφανειών και στο άνω και κάτω χείλος των μηνίσκων (Gray's, 2005). Επιπλέον αρκετοί ορογόνοι θύλακοι βρίσκονται μέσα και γύρω από τον αρθρικό θύλακα με σκοπό την μείωση της τριβής όταν το γόνατο κινείται (Hall, 2005). Οι θύλακοι αυτοί είναι: ο υπερεπιγονατιδικός, βρίσκεται μεταξύ του μηριαίου οστού και του τένοντα του τετρακέφαλου μηριαίου, ο θύλακος του ιγνυακού μυός, μεταξύ του έξω κονδύλου του μηριαίου οστού και του ιγνυακού μυός. Επίσης, ο θύλακος του ημιμηνώδη μυός, ο οποίος βρίσκεται μεταξύ του τένοντα της έσω κεφαλής του γαστροκνημίου και του ημιμηνώδη. Επιπλέον, τρεις ορογόνοι θύλακοι οι οποίοι δεν εντοπίζονται στον αρθρικό θύλακα αλλά παίζουν σημαντικό ρόλο είναι ο υποδόριος της επιγονατίδας, όπου βρίσκεται μεταξύ του δέρματος και τα πρόσθιας επιφάνειας της επιγονατίδας, ο υποδόριος υποεπιγονατιδικός και ο εν τω βάθει υποεπιγονατιδικός (Hall, 2005).

### ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ

Οι κύριοι σύνδεσμοι που σχετίζονται με την άρθρωση του γόνατος διακρίνονται στους εξής:

- Ο επιγονατιδικός σύνδεσμος. Αποτελεί συνέχεια του τετρακέφαλου μηριαίου προσφύεται πάνω στα χείλη και την κορυφή της επιγονατίδας και προς τα κάτω στο κνημιαίο όγκωμα.
- Οι καθεκτικοί σύνδεσμοι της επιγονατίδας. Ο έσω και έξω καθεκτικός σύνδεσμος της επιγονατίδας αποτελούν προεκβολές του καταφυτικού τένοντα του τετρακέφαλου και καταφύονται στα πλάγια του κνημιαίου κυρτώματος. Συγκεκριμένα ο έσω καθεκτικός σύνδεσμος της επιγονατίδας διαμορφώνεται από τις ίνες του πλατέος μυός, ενώ ο έξω καθεκτικός σύνδεσμος διαμορφώνεται από ίνες του έξω και του έσω πλατέος μυός και του ορθού μηριαίου (Φουσεκής, 2015). Χρησιμεύουν για τη σταθεροποίηση της επιγονατίδας από τα πλάγια.



Εικόνα 22: Μηνίσκοι και σύνδεσμοι της άρθρωσης του γόνατος (pegasus-imathia.gr)

- Ο έξω πλάγιος σύνδεσμος. Εκφύεται από το έξω υπερκονδύλιο κύρτωμα, πάνω από την αύλακα του ιγνυακού τένοντα και καταφύεται στην κεφαλή της περόνης.
- Ο έσω πλάγιος σύνδεσμος. Είναι αποπλατισμένος και έχει σχήμα τριγώνου. Εκφύεται από το έσω υπερκονδύλιο κύρτωμα και καταφύεται στο έσω χείλος και στην έσω επιφάνεια της κνήμης (Φουσέκης, 2015). Ο ρόλος του έσω πλάγιου συνδέσμου είναι να προστατεύει το γόνατο από δυνάμεις βλαισότητας και αντίστοιχα ο έξω πλάγιος σύνδεσμος προστατεύει το γόνατο από τάσεις ραιβότητας (Oatis, 2010).
- Οι χιαστοί σύνδεσμοι (πρόσθιος και οπίσθιος χιαστός). Ο πρόσθιος χιαστός σύνδεσμος εκφύεται από τον πρόσθιο μεσογλήνιο βόθρο της κνήμης, συνεχίζει προς τα πάνω και πίσω και καταφύεται στην έσω επιφάνεια του έξω μηριαίου κονδύλου. Ο οπίσθιος χιαστός σύνδεσμος είναι πιο ισχυρός από τον πρόσθιο χιαστό, εκφύεται από τον οπίσθιο μεσογλήνιο βόθρο της κνήμης, διασχίζει μια πορεία προς τα άνω, έσω και μπροστά καταλήγοντας στην έξω επιφάνεια του έσω μηριαίου κονδύλου (Φουσέκης, 2015). Ο πρόσθιος χιαστός σύνδεσμος εμποδίζει την πρόσθια ολίσθηση της κνήμης στο μηρό, ενώ ο οπίσθιος χιαστός σύνδεσμος εμποδίζει την οπίσθια ολίσθηση της κνήμης (Oatis, 2010).
- Ο λοξός ιγνυακός σύνδεσμος. Αποτελεί την τρίτη (προς τα έξω) τενόντια δεσμίδα του ημιμυενωδους. Εκτείνεται μέχρι την έξω κεφαλή του δικέφαλου γαστροκνημίου. Ενισχύοντας την οπίσθια επιφάνεια του αρθρικού θυλάκου (Φουσέκης, 2015).
- Ο τοξοειδής ιγνυακός σύνδεσμος. Εκφύεται από την κορυφή της κεφαλής της περόνης, προσφύεται στον αρθρικό θύλακο και διασταυρώνεται με τον τένοντα του ιγνυακού μυός (Φουσέκης, 2015).

## ΔΙΑΡΘΡΟΙΟΙ ΧΟΝΔΡΟΙ



**Εικόνα 23: Μηνίσκοι της άρθρωσης του γόνατος (άνω όψη) (www.osc-ortho.com)**

Στην άρθρωση του γόνατος υπάρχουν δυο ινοχόνδρινοι δίσκοι, ο έσω και ο έξω μηνίσκος, οι οποίοι αποτελούνται από πυκνό κολλαγόνο ιστό. Οι μηνίσκοι βρίσκονται στην έξω και στην έσω επιφάνεια του κνημιαίου πλατώ και καλύπτουν περισσότερο από το 50 % της επιφάνειας του, όπου ο έξω μηνίσκος καλύπτει μεγαλύτερο ποσοστό του πλατώ από τον έσω μηνίσκο (Oatis, 2010). Σε κάθε μηνίσκο διακρίνουμε ένα πρόσθιο κέρας και ένα οπίσθιο κέρας. Τα κέρατα του έξω μηνίσκου είναι πιο κοντά μεταξύ τους σε σύγκριση με τα κέρατα του έσω (Φουσέκης, 2015). Ο έσω μηνίσκος έχει σχήμα ημικυκλίου, είναι πλατύτερος προς τα πίσω και συνδέεται με τον έσω πλάγιο σύνδεσμο και τον αρθρικό θύλακο της άρθρωσης. Το πρόσθιο κέρας του προσφύεται στον πρόσθιο μεσογλήνιο βόθρο της κνήμης και μέσω του εγκάρσιου συνδέσμου συνδέεται με τον έξω μηνίσκο (Φουσέκης, 2015). Το οπίσθιο κέρας βρίσκεται στον οπίσθιο μεσογλήνιο βόθρο. Είναι απαραίτητο να αναφερθεί πως ο έσω μηνίσκος είναι στενά συνδεδεμένος τόσο με τον έσω πλάγιο σύνδεσμο όσο και με τον αρθρικό θύλακο της άρθρωσης του γόνατος (Φουσέκης, 2015). Ο έξω μηνίσκος είναι κυκλοτερής και έχει ομοιόμορφο πλάτος. Είναι πιο κινητός από τον έσω μηνίσκο αφού δεν συνδέεται με τον έξω πλάγιο σύνδεσμο (Platzer, 2005). Το πρόσθιο κέρας του προσφύεται στον πρόσθιο μεσογλήνιο βόθρο, ενώ το οπίσθιο στον οπίσθιο μεσογλήνιο βόθρο, δηλαδή πίσω από το μεσογλήνιο έπαρμα (Φουσέκης, 2015). Οι μηνίσκοι είναι απαραίτητοι για τις εξής λειτουργίες:

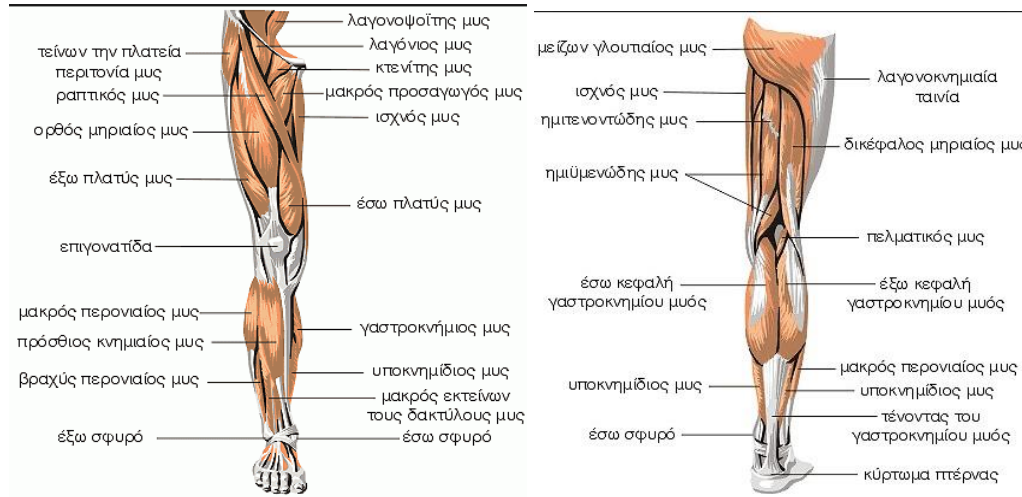
- Απορρόφηση των κραδασμών
- Λίπανση της άρθρωσης του γόνατος
- Σταθεροποίηση της άρθρωσης του γόνατος (Oatis, 2010).

Η κύρια λειτουργία των μηνίσκων είναι η αύξηση της επιφάνειας επαφής μεταξύ της αρθρικής επιφάνειας του μηριαίου οστού και της κνήμης με στόχο την ελάττωση της πίεσης που δέχεται ο αρθρικός χόνδρος. Οι μηνίσκοι έχουν κοίλο σχήμα στην άνω επιφάνεια τους, ενώ στην κάτω είναι επίπεδοι. Δημιουργώντας μια εικόνα του σχήματος του μηριαίου κονδύλου και του κνημιαίου πλατώ με τα οποία βρίσκονται σε επαφή (Oatis, 2010)

## ΜΥΕΣ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ

Σημαντικό ρόλο για την κίνηση και την σταθεροποίηση του γόνατος έχουν οι μύες. Πολλοί μύες που διέρχονται από το γόνατο είναι διάρθριοι (Hall, 2005). Οι μύες του πρόσθιου διαμερίσματος του μηρού ενεργούν στις αρθρώσεις του ισχίου αλλά και του γόνατος (Gray's, 2005). Το πρόσθιο

διαμέρισμα του μηρού περιλαμβάνει τον ραπτικό και τον τετρακέφαλο μηριαίο, οι οποίοι νευρώνονται από το μηριαίο νεύρο (Gray's, 2005). Κάποιοι από τους μύες του έσω διαμερίσματος του μηρού ενεργούν και αυτοί στην άρθρωση του γόνατος. Αυτοί είναι ο ισχνός προσαγωγός, ο μακρός προσαγωγός, ο βραχύς προσαγωγός και ο μεγάλος προσαγωγός. Ένα τμήμα του μεγάλου προσαγωγού νευρώνεται από το ισχιακό νεύρο. Οι υπόλοιποι μύες του έσω διαμερίσματος του μηρού νευρώνονται από το θυρεοειδές νεύρο (Gray's, 2005).



**Εικόνα 24: Μύες της πρόσθιας (αριστερά) και οπίσθιας (δεξιά) επιφάνειας του κάτω άκρου (www.care.gr)**

## ΕΚΤΕΙΝΟΝΤΕΣ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ

Στους εκτείνοντες τους γόνατος κύριος μύς για την κίνηση αυτή είναι ο τετρακέφαλος μηριαίος. Ωστόσο, ο τείνων την πλατεία περιτονία συμμετέχει και αυτός στην έκταση του γόνατος. Ο τετρακέφαλος μύς αποτελείται από τέσσερις κεφαλές: τον ορθό μηριαίο, τον μέσο πλατύ, τον έξω πλατύ, τον έσω πλατύ.

- Ο ορθός μηριαίος διασχίζει τόσο την άρθρωση του ισχίου όσο και την άρθρωση του γόνατος. Εκφύεται με τις δύο κεφαλές του από το ανώνυμο οστό. Πιο συγκεκριμένα η μία κεφαλή (ευθεία κεφαλή) από την πρόσθια κάτω λαγόνια άκανθα, ενώ η άλλη κεφαλή (λοξή ή ανεστραμμένη κεφαλή) από μια ανώμαλη περιοχή του λαγόνιου οστού πάνω από την κοτύλη (Gray's, 2005). Καταφύονται στον τένοντα του τετρακέφαλου μηριαίου στο άνω χείλος της επιγονατίδας (Oatis, 2010).
- Ο μέσος πλατύς εκφύεται από την πρόσθια επιφάνεια και τις πλάγιες επιφάνειες της διάφυσης του μηριαίου οστού και καταφύεται στο τένοντα του τετρακέφαλου μηριαίου και στο έξω χείλος της επιγονατίδας ( Moore, Dalley, Agur, Gray's, 2016).
- Ο έξω πλατύς εκφύεται από τον μείζονα τροχαντήρα και το έξω χείλος της τραχείας γραμμής του μηριαίου οστού (Moore, Dalley, Agur, 2016). Καταφύεται και αυτός στο τένοντα του τετρακέφαλου (Gray's, 2005).
- Η έκφυση του έσω πλατύ μύος βρίσκεται στην μεσοτροχαντήρια γραμμή και το έξω χείλος της τραχείας γραμμής του μηριαίου οστού (Moore, Dalley, Agur, 2016). Καταφύεται στον τένοντα του τετρακέφαλου και στο έξω χείλος της επιγονατίδας (Gray's, 2005)

- Τέλος, ο τείνων την πλατεία περιτονία ξεκινάει από το πρόσθιο τμήμα της έξω επιφάνειας της λαγόνιας άκανθας και καταλήγει στο μέσω της λαγονοκνημιαίας ταινίας στο έξω φύμα της κνήμης. Η νεύρωση του προέρχεται από το άνω γλουτιαίο νεύρο (Oatis, 2010).

## ΚΑΜΠΗΤΗΡΕΣ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ

Οι οπίσθιοι μηριαίοι περιλαμβάνουν τη μακρά και τη βραχεία κεφαλή του δικέφαλου μηριαίου, τον ημιμυενώδη και τον ημιτενοντώδη. Οι οπίσθιοι μηριαίοι νευρώνονται από το ισχιακό νεύρο. Σε αντίθεση με τον ορθό μηριαίο, οι οπίσθιοι μηριαίοι διασχίζουν μόνο το γόνατο και είναι οι κύριοι καμπήτες του γόνατος. Άλλοι μύες που συμμετέχουν στην κάμψη του γόνατος είναι ο ιγνυακός, ο ισχνός προσαγωγός, ο ραπτικός, ο γαστροκνήμιος και ο πελματικός.

- Η μακρά κεφαλή του δικέφαλου μηριαίου προσφύεται από το κάτω-έσω τμήμα της ανώτερης περιοχής του ισχιακού κυρτώματος και καταφύεται στην κεφαλή της περόνης (Gray's, 2005). Η βραχεία κεφαλή του δικέφαλου μηριαίου εκφύεται από την τραχεία γραμμή και την έξω υπερκονδύλια γραμμή του μηριαίου οστού (Moore, Dalley, Agur, 2016). Έχει κοινή κατάφυση με την μακρά κεφαλή.
- Ο ημιτενοντώδης μύς εκφύεται από το κάτω-έσω τμήμα της ανώτερης περιοχής του ισχιακού κυρτώματος και καταφύεται στην έσω επιφάνεια του ανώτερου τμήματος της κνήμης (Gray's, 2005).
- Ο ημιμυενώδης εκφύεται από την άνω-έσω εντύπωμα του ισχιακού κυρτώματος (Gray's, 2005) και καταφύεται στην οπίσθια και έσω επιφάνεια του έσω κνημιαίου κονδύλου (Oatis, 2010).
- Ο ιγνυακός μύς εκφύεται από το έξω τμήμα του έξω μηριαίου κονδύλου και καταφύεται σε μια τριγωνική περιοχή στην οπίσθια επιφάνεια της κνήμης πάνω από την υποκνημίδα γραμμή. Η νεύρωση του γίνεται από το κνημιαίο νεύρο (Oatis, 2010).
- Ο ισχνός προσαγωγός ξεκινά από το σώμα και τον κάτω κλάδο του ηβικού οστού, καταλήγει στην άνω μοίρα της έσω επιφάνειας της κνήμης (Moore, Dalley, Agur, 2016).
- Ο ραπτικός μύς εκφύεται από την πρόσθια άνω λαγόνια άκανθα, καταφύεται στην πρόσθια επιφάνεια της κνήμης κάτω-έσω του κνημιαίου κυρτώματος (Gray's, 2005).
- Ο γαστροκνήμιος είναι επιπολής μύς του οπίσθιου διαμερίσματος της κνήμης. Η έξω κεφαλή εκφύεται από την έξω επιφάνεια του έξω μηριαίου κονδύλου, ενώ η έσω κεφαλή από την ιγνυακή επιφάνεια του μηριαίου οστού. Καταφύεται στην οπίσθια επιφάνεια της πτέρνας μέσω του αχίλλειου τένοντα. Αυτός ο μύς νευρώνεται από το κνημιαίο νεύρο (Moore, Dalley, Agur, 2016).
- Ο πελματικός είναι και αυτός επιπολής μύς του οπίσθιου διαμερίσματος της κνήμης (Moore, Dalley, Agur, 2016). Η έκφυση του ξεκινά από την έξω οπίσθια επιφάνεια του μηριαίου οστού. Έχει κοινή κατάφυση και νεύρωση με τον γαστροκνήμιο (Hall, 2005).

## ΕΣΩ ΣΤΡΟΦΕΙΣ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ

Οι έσω στροφείς του γόνατος είναι ο ημιμυενώδης, ο ημιτενοντώδης, ο ιγνυακός, ο ραπτικός, ο ισχνός προσαγωγός, των οποίων η περιγραφή υπάρχει στην προηγούμενη παράγραφο.



## ΕΞΩ ΣΤΡΟΦΕΙΣ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ

Οι έξω στροφείς του γόνατος είναι ο δικέφαλος μηριαίος και ο τείνων την πλατεία περιτονία. Η έκφυση, η κατάφυση και η νεύρωση αυτών των μυών αναφέρεται παραπάνω.

## 2.2. ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ

Τα βασικά στοιχεία της βιομηχανικής για την ανάλυση της ανθρώπινης κίνησης είναι η κινηματική και η κινητική. Η κινηματική ασχολείται με τα χαρακτηριστικά της κίνησης του σώματος από χωρο-χρονική άποψη, χωρίς να αναφέρεται σε δυνάμεις. Οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη σε αυτή την ανάλυση είναι η θέση, η ταχύτητα και η επιτάχυνση ενός αντικειμένου. Εξετάζοντας κάποιος την κινηματική μιας γωνιακής ή μιας γραμμικής κίνησης είναι δυνατόν να ορίσει τα μέρη της κίνησης που χρειάζονται βελτίωση ή να συλλάβει ιδέες για την ενίσχυση της τεχνικής των αθλητών υψηλών επιδόσεων. Η κινητική ασχολείται με τις δυνάμεις που επιδρούν σε ένα σώμα οι οποίες προκαλούν την κίνηση τού. Οι δυνάμεις που παράγονται κατά τη διάρκεια της ανθρώπινης κίνησης είναι σημαντικές, καθώς σε αυτές οφείλεται η δημιουργία όλων των κινήσεων, η διατήρηση της θέσης ή της στάσης όταν δεν υπάρχει κίνηση. Η εξέταση της κινηματικής και της κινητικής σε συνδυασμό μεταξύ τους δίνουν μια καθαρή εικόνα της κίνησης της άρθρωσης, καθώς και την επίδραση των δυνάμεων στην άρθρωση αυτή (Τσακλής, 2000).

### ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ

Η κινηματική καθορίζει το εύρος της κίνησης του γόνατος. Τα τρία βασικά επίπεδα κίνησης των αρθρικών επιφανειών του γόνατος είναι το μετωπιαίο, το οβελιαίο και το εγκάρσιο. Μπορεί να υπολογιστεί με διάφορες τεχνικές. Το γωνιόμετρο είναι ο πιο απλός τρόπος μέτρησης. Περισσότερο ακριβείς τεχνικές μέτρησης είναι το ηλεκτρογωνιόμετρο, οι ακτινογραφίες και οι ειδικές φωτογραφικές τεχνικές (Τσακλής, 2000).

### ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ

Όπως προαναφέρθηκε με την κινητική αναλύεται η επίδραση των δυνάμεων σε μια άρθρωση. Αυτή περιλαμβάνει δύο διαφορετικές αλλά συνδεδεμένες μορφές ανάλυσης: την στατική και την δυναμική. Η στατική ανάλυση μελετά τις δυνάμεις που ενεργούν σε ένα σώμα όταν βρίσκεται σε ισορροπία. Η δυναμική ανάλυση μελετά τις δυνάμεις που ενεργούν στο σώμα προκαλώντας το να κινηθεί (Τσακλής, 2000).

### ΕΥΡΟΣ ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ

Στην πλήρη έκταση του γόνατος μέχρι και την πλήρη κάμψη αντιστοιχούν από 0-140 μοίρες. Στο εγκάρσιο επίπεδο δεν συμβαίνει καμία κίνηση όταν το γόνατο βρίσκεται σε πλήρη έκταση εξαιτίας του κλειδώματος ανάμεσα στους μηριαίους κονδύλους και τους κνημιαίους κονδύλους. Καθώς το γόνατο κάμπτεται στις 90 μοίρες, το εύρος κίνησης στο εγκάρσιο επίπεδο αυξάνει, η έξω στροφή της κνήμης είναι από 0-45 ενώ η έσω στροφή από 0-30 μοίρες. Μετά τις 90 μοίρες

κάμψης το εύρος του γόνατος μειώνεται λόγω των συνδέσμων, των τενόντων και του σχήματος των αρθρικών επιφανειών. Στο μετωπιαίο επίπεδο το εύρο κίνησης είναι ελάχιστο. Η κνήμη απάγεται 0-2 μοίρες και προσάγεται 0-9 μοίρες. Στην πλήρη έκταση του γόνατος δεν γίνεται σχεδόν καμία κίνηση προσαγωγής ή απαγωγής. Στις 30 μοίρες κάμψης η κίνηση στο μετωπιαίο επίπεδο αυξάνεται, ενώ μετά τις 30 μοίρες μειώνεται λόγω των συνδέσμων, των τενόντων και του σχήματος των αρθρικών επιφανειών (Τσακλής, 2010).

## ΚΝΗΜΟΜΗΡΙΑΙΑ ΚΙΝΗΣΗ

Η κίνηση της κνημομηριαίας άρθρωσης γίνεται σε τρία επίπεδα και τρεις άξονες. Συγκεκριμένα η κάμψη και η έκταση γίνεται στο οβελιαίο επίπεδο και είναι η μεγαλύτερη κίνηση σε σύγκριση με τις στροφές, την προσαγωγή και την απαγωγή. Κατά την κάμψη του γόνατος το μηριαίο οστό σε σχέση με την κνήμη έρχεται σε έξω στροφή συνεχίζει με οπίσθια κύλιση (πρόσθια ολίσθηση) και σε απαγωγή, ενώ η κνήμη κυλά προς τα εμπρός και κάνει έσω στροφή (Oatis, 2010). Αντιθέτως, κατά τη έκταση του γόνατος το μηριαίο οστό κάνει πρόσθια κλίση (οπίσθια ολίσθηση), έσω στροφή και προσαγωγή, ενώ η κνήμη κυλά προς τα πίσω και κάνει έξω στροφή. Η πλήρης έκταση του γόνατος με την τελική έσω στροφή του μηριαίου οστού αναπαριστούν τον μηχανισμό κλειδώματος του γόνατος (Oatis, 2010). Η κίνηση στο εγκάρσιο επίπεδο εξαρτάται από τη θέση στην οποία βρίσκεται το γόνατο στο οβελιαίο επίπεδο (Hoogenboom, Voigt, Prentice). Η έσω και η έξω στροφή του γόνατος εκτελούνται στο εγκάρσιο επίπεδο και είναι μέγιστες στις 90 μοίρες κάμψης (Hoogenboom, Voight, Prentice, 2014). Η απαγωγή και η προσαγωγή του γόνατος γίνεται στο μετωπιαίο επίπεδο. Και εδώ η κίνηση επηρεάζεται από την θέση στην οποία βρίσκεται το γόνατο στο οβελιαίο επίπεδο. Οι κινήσεις αυτές είναι μέγιστες στις 30 μοίρες κάμψης του γόνατος (Hoogenboom, Voight, Prentice, 2014).

## ΟΙ ΜΗΝΙΣΚΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΦΟΡΤΙΣΗ ΤΗΝ ΚΝΗΜΟΜΗΡΙΑΙΑΣ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗΣ

Κατά τη φόρτιση η επιφάνεια επαφής ανάμεσα στις δύο αρθρώσεις των μηνίσκων αυξάνεται. Η μεγαλύτερη επιφάνεια επαφής έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της φόρτισης ανά μονάδα επιφάνειας (δύναμη επαφής / επιφάνεια επαφής) του αρθρικού χόνδρου (Τσακλής, 2000). Έτσι οι μηνίσκοι προλαμβάνουν αρθρικές μηχανικές βλάβες. Στους μηνίσκους κατά την φόρτιση ασκούνται συμπιεστικές δυνάμεις τις οποίες χάρις την δομή τους τις μεταφέρουν από τον μηρό στην κνήμη. Οι δυνάμεις που αναπτύσσονται στους μηνίσκους μεταφέρονται στην κνήμη διαμέσου των πρόσθιων και οπίσθιων κεράτων (Τσακλής, 2000). Πολλές μελέτες εκφράζουν πως ο έσω και ο έξω μηνίσκος ενεργούν σαν πρόσθιες και σαν οπίσθιες σφήνες οι οποίες εμποδίζουν την προσιοπίσθια κίνηση. (Hoogenboom, Voight, Prentice, 2014)

## ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΗΣ ΕΠΙΓΟΝΑΤΙΔΑΣ

Η επιγονατίδα έχει δύο βασικές βιομηχανικές λειτουργίες στο γόνατο:

- Την προστασία του επιγονατιδικού τένοντα από την τριβή
- Την αύξηση της αποτελεσματικότητας του εκτατικού μηχανισμού.

Η προστασία του επιγονατιδικού τένοντα από την τριβή επιτυγχάνεται με την καλύτερη κατανομή των συμπιεστικών δυνάμεων πάνω στο μηριαίο, καθώς αυξάνεται η επιφάνεια επαφής μεταξύ του επιγονατιδικού τένοντα και του μηριαίου. Η αύξηση της αποτελεσματικότητας του εκτατικού μηχανισμού επιτυγχάνεται με: την αύξηση της απόστασης του εκτατικού μηχανισμού από τον άξονα κίνησης του γόνατος, την αύξηση του μεγέθους του μογλοβραχίονα δύναμης και τη μετατροπή της κατεύθυνσης της δύναμης του τετρακεφάλου από πλάγια άνω και έξω, σε κάθετη (Τσακλής, 2000).

## ΚΙΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΓΟΝΑΤΙΔΟΜΗΡΙΑΙΑΣ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗΣ

Οι κινήσεις της επιγονατιδομηριαίας διάρθρωσης είναι η ολίσθηση και η στροφή. Κατά την εκτέλεση της κάμψης του γόνατος η επιγονατίδα ολισθαίνει προς τα κάτω στο μηριαίο και αντίστοιχα επιστρέφει προς τα πάνω κατά την έκταση του γόνατος. Όταν το γόνατο είναι σε έκταση η επιγονατίδα βρίσκεται σε μικρή επαφή ή σε καθόλου επαφή με το μηριαίο οστό. Η ολίσθηση συμβαίνει κυρίως σε κατακόρυφη κατεύθυνση (Hall 2005). Κατά την κάμψη του γόνατος παρατηρείται στην αρχή ελάχιστη έσω ολίσθηση της επιγονατίδας. Ωστόσο, από τις 30 μοίρες μέχρι και τις 45 μοίρες κάμψης αρχίζει μια έξω ολίσθηση της επιγονατίδας η οποία αυξάνεται προοδευτικά μέχρι και που σταθεροποιείται (Oatis, 2010).

## ΟΙ ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΚΑΙ ΤΑ ΦΟΡΤΙΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΓΟΝΑΤΙΔΟΜΗΡΙΑΙΑΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ

Λόγω του μεγάλου πάχους του αρθρικού χόνδρου της επιγονατίδας μπορεί κανείς να καταλάβει το μέγεθος των δυνάμεων που επιδρούν πάνω σε αυτή. Ο τετρακέφαλος παράγει μεγάλες δυνάμεις που επιδρούν στην επιγονατιδομηριαία άρθρωση καθώς συμμετέχει σε πολλές καθημερινές δραστηριότητες. Η επιγονατίδα δέχεται την έλξη του τετρακεφάλου με κατεύθυνση προς τα επάνω ενώ ο επιγονατιδικός τένοντας την έλκει με κατεύθυνση προς τα κάτω. Οι δυνάμεις αντίδρασης στην επιγονατιδομηριαία άρθρωση είναι πιο μεγάλες από τις δυνάμεις που παράγονται κατά τις δραστηριότητες του τετρακεφάλου. Η κατ'εκτίμηση συμπιεστικές δυνάμεις στην επιγονατίδα κατά την βάρδια είναι πάνω από 800N (81kg) έως και το σωματικό βάρος κατά την βάρδια σε επίπεδο έδαφος, κατά το τρέξιμο και την προσγείωση μετά από χορευτικά άλματα είναι πάνω από 5000N (Oatis, 2010).

### 2.2.1. ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΑΛΜΑΤΟΣ

Είναι γνωστό πως η εκτέλεση του άλματος είναι μια απαραίτητη κινητική ικανότητα τόσο για τον αθλητισμό όσο και για την επίτευξη καθημερινών δραστηριοτήτων. Είναι μια συνδυασμένη πολυαρθρική κίνηση που απαιτεί παραγωγή δύναμης και υψηλής ισχύς (Fatouros, Jamurtas, Leontsini, 2000). Οι βασικοί λοιπόν παράγοντες για την απόδοση του κάθετου άλματος περιλαμβάνουν τη δύναμη που αναπτύσσεται από την άρθρωση του ισχίου, του γόνατος και της ποδοκνημικής, το ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης που παράγεται από αυτούς τους μύς και τον νευρικό συντονισμό της κίνησης (Fatouros, Jamurtas, Leontsini, 2000). Η μυϊκή δύναμη γενικά θεωρείται ένας σημαντικός παράγοντας ο οποίος είναι υπεύθυνος για επιτυχείς ταχείες κινήσεις με μέγιστη προσπάθεια, συμπεριλαμβανομένου του άλματος, σπριντ, ρίψη και κλοτσιές (Newton

& Kraeme, 1994). Ένα επιτυχημένο άλμα απαιτεί συνδυασμένη και συντονισμένη προσπάθεια της μυϊκής στρατολόγησης σε όλο το σώμα, από το κεφάλι μέχρι και τα δάκτυλα των ποδιών (Reiser II, Rocheford, Armstrong, 2006). Η μυϊκή ισχύς ορίζεται ως η εφαρμοζόμενη δύναμη πολλαπλασιαζόμενη με τη ταχύτητα της κίνησης ( $P = F \times V$ ) (Knuttgen, Kraemer, 1987). Η ικανότητα του νευρομυϊκού συστήματος να παράγει μέγιστη ισχύ επηρεάζεται από μια σειρά αλληλένδετων παραγόντων. Η μέγιστη μυϊκή δύναμη ορίζεται και περιορίζεται από την σχέση δύναμης-ταχύτητας, επηρεάζεται από τον τύπο της μυϊκής δράσης και ειδικότερα από τον χρόνο που είναι διαθέσιμος για την ανάπτυξη της δύναμης. Επιπλέον η παραγωγή μέγιστης δύναμης επηρεάζεται από μορφολογικούς παράγοντες (τύποι ινών, χαρακτηριστικά μυών, ιδιότητες τενόντων κλπ). Η μέγιστη ισχύς περιγράφει το υψηλότερο επίπεδο της ισχύς (έργο / χρόνος) που επιτεύχθηκε με τις μυϊκές συσπάσεις. Αντιπροσωπεύει την μεγαλύτερη στιγμιαία δύναμη κατά την διάρκεια μιας μόνο κίνησης που πραγματοποιείται με στόχο την παραγωγή μέγιστης ταχύτητας κατά την απογείωση, την απελευθέρωση ή την πρόσκρουση. Αυτό περιλαμβάνει γενικές κινήσεις για την πλειοψηφία των αθλημάτων όπως σπριντ, άλματα, αλλαγή κατεύθυνσης, ρίψη, κλοτσιές και χτυπήματα (Cormie, McGuigan, Newton, 2011).

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η μηχανική ισχύς είναι προϊόν της δύναμης και της ταχύτητας, το χαρακτηριστικό της δύναμης-ταχύτητας του μυός είναι ένας από τους κρίσιμους παράγοντες για τον προσδιορισμό της σωματικής απόδοσης (Yamauchi, Ishi, 2007). Η ικανότητα δημιουργίας υψηλής ταχύτητας είναι ένας καθοριστικός παράγοντας της επίδοσης σε πολλές αθλητικές δραστηριότητες. Κατά την διάρκεια ενός κάθετου άλματος η ταχύτητα που επιτυγχάνεται κατά την απογείωση καθορίζεται από την μηχανική ώθηση δηλαδή το προϊόν της δύναμης που ασκείται ενάντια στο έδαφος και ο χρόνος κατά τον οποίο εφαρμόζεται η δύναμη (Giroux, Rabita, Chollet, Guilhem, 2015). Η σχέση δύναμης-ταχύτητας περιγράφει τη σχέση μεταξύ μέγιστης δύναμης στο βέλτιστο μήκος (το μήκος στο οποίο ο μυς μπορεί να ασκήσει τη μέγιστη ισομετρική του δύναμη) και την αντίστοιχη ταχύτητα της βράχυνσης των μυών (Zatsiorsky, 2000).

Το κατακόρυφο άλμα αρχίζει με μια προς τα κάτω κίνηση (η κίνηση είναι προς μια κατεύθυνση αντίθετη από το ενδεχόμενο άλμα), τελειώνει με θέση καθίσματος/ημικαθίσματος (Reiser II, Rocheford, Armstrong, 2006,). Η φάση αυτή περιλαμβάνει την κάμψη του ισχίου, την κάμψη του γόνατος και την ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής. Η μυϊκή δραστηριότητα είναι γενικά έκκεντρη κατά την διάρκεια αυτής της φάσης, με την βαρύτητα να παρέχει την κινητήρια δύναμη. Η επόμενη φάση του κατακόρυφου άλματος είναι η φάση της απογείωσης η οποία ξεκινά με έκταση της άρθρωσης του ισχίου, διαδοχικά ακολουθεί η έκταση του γόνατος και η πελματιαία κάμψη της ποδοκνημικής. Η φάση αυτή τελειώνει όταν τα πόδια χάσουν την επαφή με το έδαφος. Κατά την διάρκεια αυτής της φάσης συμβαίνει κυρίως ομόκεντρη δραστηριότητα των μυών (Umberger, 1998).

Σύμφωνα με τον Reiser και τους συνεργάτες του, το κάθετο άλμα αναλύεται σε φάσεις, οι οποίες βασίζονται στην κίνηση του κέντρου της μάζας του σώματος (ΚΜΣ). Το ΚΜΣ ορίζεται ως ένα σημείο στον χώρο για το οποίο όλη η μάζα του σώματος είναι ισορροπημένη. Στην ανατομική θέση το ΚΜΣ είναι τυπικά στο 55-57% κοντά στο επίπεδο της μέσης, καθώς και στη μέση γραμμή του σώματος. Το σημείο αυτό αλλάζει καθώς συμβαίνει η κίνηση του κάθετου άλματος. Στο κάθετο άλμα η πρώτη φάση αρχίζει με την καθοδική κίνηση του ΚΜΣ και τελειώνει όταν το ΚΜΣ είναι στο χαμηλότερο σημείο του. Μια προωθητική φάση συνεχίζεται με το ΚΜΣ να κινείται κάθετα από το χαμηλότερο σημείο, η οποία τελειώνει κατά την απογείωση. Κατά την

απογείωση αρχίζει η φάση πτήσης η οποία συνεχίζεται όσο το ΚΜΣ ανεβαίνει στο υψηλότερο σημείο και τότε πέφτει μέχρι την προσγείωση. Η φάση της προσγείωσης ξεκινά όταν τα δάκτυλα του ποδιού αγγίζουν το έδαφος, συνεχίζει αυτή η φάση όσο μειώνεται το ΚΜΣ, ενώ απορροφά τις δυνάμεις προσγείωσης και τελικά ανεβαίνει μέχρι ο αθλητής να επιστρέψει στη ηρεμία και το ΚΜΣ να είναι πάλι ακίνητο στην όρθια θέση. Για να επιτευχθεί η μέγιστη ταχύτητα του ΚΜΣ και η κάθετη θέση του στην απογείωση, ένας αθλητής πιέζει προς τα κάτω το έδαφος μέσω ισχυρών εκτάσεων του ισχίου, του γόνατος και της ποδοκνημικής από θέση καθίσματος ή ημικαθίσματος. Πιέζοντας προς τα κάτω στο έδαφος σε μια προσπάθεια να μετακινηθεί το ΚΜΣ προς τα επάνω, είναι ένα παράδειγμα του τρίτου νόμου του Νεύτωνα. Γνωστός και ως νόμος Δράσης-Αντίδρασης, δηλώνει πως για κάθε δύναμη επαφής, υπάρχει μια ίση και αντίθετη δύναμη σε ένα αντίθετο σώμα. Στην περίπτωση αυτή, ενώ το έδαφος υπόκειται σε μια δύναμη που πιέζει προς τα κάτω, το άτομο αισθάνεται την ακριβώς αντίθετη δύναμη που ενεργεί προ τα πάνω σε αυτόν. Αυτή η δύναμη συχνά αναφέρεται ως δύναμη αντίδρασης του εδάφους. Επειδή η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα, η μόνη άλλη δύναμη που ενεργεί στο άτομο κατά την διάρκεια της προωθητικής φάσης είναι η δύναμη της έλξης της βαρύτητας κάτω από τον άλτη. Η καθαρή επίδραση της βαρύτητας είναι μια δύναμη ίση με το σωματικό βάρος του, ενεργώντας μέσω του ΚΜΣ. Ενώ οι δυνάμεις του εδάφους ποικίλλουν ανάλογα με τον χρόνο κατά την διάρκεια της πορείας του άλματος, η δύναμη της βαρύτητας είναι σταθερή και παραμένει η μόνη δύναμη που ενεργεί στο σώμα.

Ο Nagano και οι συνεργάτες του μελέτησαν την ανθρώπινη μέγιστη προσπάθεια του άλματος, με τρισδιάστατο νευρομυοσκελετικό μοντέλο, με στόχο την εκτίμηση της δύναμης του έργου και της ισχύς των κάτω άκρων κατά την διάρκεια της κίνησης. Αν και το μοντέλο είχε την ελευθερία να εκτελεί τρισδιάστατες κινήσεις, η επιτευχθείσα κίνηση του κατακόρυφου άλματος ήταν σχεδόν δισδιάστατη. Παρατήρησαν λοιπόν πως ο μέγας γλουτιαίος, ο έσω πλατύς, ο έξω πλατύς, ο μέσος πλατύς, ο πελματικός μυς και άλλοι πελματικοί καμπτήρες είναι μέγιστα ενεργοί από την τελευταία φάση του άλματος μέσω της απογείωσης. Αυτό το αποτέλεσμα είναι σύμφωνο με την υπόθεση ότι αυτοί οι μύες είναι οι πρωταρχικοί ενεργοποιητές των κινήσεων του άλματος. Αξίζει να σημειωθεί πως ο λαγονοψοιτής ο ορθός μηριαίος, η βραχεία κεφαλή του δικέφαλου μηριαίου, ο γαστροκνήμιος και ο πρόσθιος κνημιαίος ενεργοποιήθηκαν στην πρώιμη φάση του άλματος. Επιπλέον βρέθηκε ότι ο μέσος γλουτιαίος, ο ελάσσων γλουτιαίος, ο μακρύς προσαγωγός, ο μέγας προσαγωγός και οι έξω στροφείς του ισχίου ήταν και αυτοί υψηλά ενεργοποιημένοι κατά την διάρκεια του άλματος. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης υποδηλώνουν ότι αυτοί οι μύες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία της κίνησης του άλματος κυρίως μέσω της σταθεροποίησης της κίνησης του ισχίου.

Ο Nagano και οι συνεργάτες του κατά την διερεύνηση της ισχύος και του έργου των μυών παρατήρησαν πως ο μέγας γλουτιαίος, ο έσω πλατύς, ο έξω πλατύς, ο μέσος πλατύς, ο πελματικός και οι άλλοι πελματικοί καμπτήρες συνεισέφεραν ένα μεγάλο τμήμα του μηχανικού έργου. Αυτό είναι σύμφωνο με την υπόθεση σε προηγούμενες μελέτες πως αυτοί οι μονοαρθρικοί μύες είναι οι πρωταρχικοί ενεργοποιητές της κίνησης του άλματος. Από την άλλη πλευρά, το έργο και η ισχύς των διάρθρων μυών, του ορθού μηριαίου και των οπίσθιων μηριαίων ήταν μικρό. Το αποτέλεσμα αυτό είναι σύμφωνο με τις εκτιμήσεις που αναφέρθηκαν σε προηγούμενες μελέτες, δηλαδή, αυτοί οι διάρθροι μύες λειτουργούν περισσότερο για να μεταφέρουν, παρά για να δημιουργήσουν την μηχανική ισχύ και ενέργεια. Άλλοι μύες όπως ο μέσος γλουτιαίος, ο ελάσσων γλουτιαίος, οι προσαγωγείς του ισχίου και οι έξω στροφείς του ισχίου είχαν μικρή συμβολή όσον αφορά το μηχανικό έργο και την ισχύ. Αυτό οφείλεται στο

γεγονός ότι η τμηματική κίνηση του σώματος ήταν σχεδόν δισδιάστατη, έχοντας κύριες συνιστώσες στο οβελιαίο επίπεδο και μικρότερες στα άλλα επίπεδα. Παρά την σημαντική ανάπτυξη δύναμης αυτών των μυών, το έργο και η ισχύ έχουν ελάχιστη σημασία λόγω του κύκλο βράχυνσης-διάτασης αυτών των μυών κατά την διάρκεια του άλματος. Για πολλούς μυς, η μέγιστη τιμή της αποθήκευσης ελαστικής ενέργειας ήταν μικρή. Ωστόσο, για τους οπίσθιους μηριαίους, τον έσω πλατύ, τον έξω πλατύ, τον μέσο πλατύ, τον γαστροκνήμιο, τον πελματικό και άλλους πελματικούς καμπτήρες, η αποθήκευση ενέργειας ήταν μεγάλη.

Συνοψίζοντας, τα ακόλουθα είναι τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης:

1. Οι μονοαρθρικοί μύες συνέβαλαν σημαντική παραγωγή ενέργειας και ισχύος, ενώ η συμβολή των διάρθριων μυών ήταν μικρή. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι σύμφωνο με προηγούμενες μελέτες.
2. Οι απαγωγείς, οι προσαγωγείς και οι έξω στροφείς του ισχίου ενεργοποιήθηκαν έντονα, παρόλο που το έργο και η ισχύς ήταν μικρότερη εξαιτίας της περιορισμένης αλλαγής μήκους τους κατά την διάρκεια της κίνησης. Αυτή είναι μια μοναδική διαπίστωση αυτής της μελέτης, η οποία κατέστη δυνατή λόγω του ότι χρησιμοποιήθηκε ένα τρισδιάστατο μοντέλο.
3. Οι καμπτήρες των αρθρώσεων όπως ο λαγονοψοίτης, η βραχεία κεφαλή του δικέφαλου μηριαίου, ο πρόσθιος κνημιαίος ενεργοποιήθηκαν στην αρχή της κίνησης με αποτέλεσμα να διευκολύνεται η δημιουργία αντίθετης κίνησης στο άλμα. Αυτό το εύρημα είναι μοναδικό και έγινε μια λεπτομερής διερεύνηση των δραστηριοτήτων αυτών των μυών χρησιμοποιώντας τη μοντελοποίηση και την προσομοίωση των υπολογιστών.

Ο Umberger αναφέρει πως κατά την διάρκεια πολλών κινήσεων του κάτω μέρος του σώματος, συμπεριλαμβανομένου και του κάθετου άλματος οι διάρθριοι μύες βρίσκονται σε μια μοναδική θέση. Ο ορθός μηριαίος, για παράδειγμα, ενεργεί για να κάμπτει το ισχίο και να εκτείνει το γόνατο. Αν ο ορθός μηριαίος είναι ενεργός, θα επιχειρήσει να κάνει και τις δύο αυτές ενέργειες παράλληλα. Κατά την διάρκεια της φάσης απογείωσης του κατακόρυφου άλματος, όμως, το ισχίο και το γόνατο εκτείνονται την ίδια στιγμή, προκαλώντας ανταγωνιστικές ενέργειες του ορθού μηριαίου με το να επιμηκύνεται στο ένα άκρο και να βραχύνεται στο άλλο. Το αποτέλεσμα αυτών των ανταγωνιστικών ενεργειών κατά την διάρκεια ολόκληρης της φάσης απογείωσης του άλματος, είναι ότι το καθαρό μήκος των διάρθριων μυών μπορεί να μην αλλάξει ουσιαστικά. Η ταχύτητα της συστολής των διάρθριων μυών μπορεί να είναι πολύ χαμηλή και πιθανών σχεδόν ισομετρική. Η σχέση της δύναμης-ταχύτητας επιτρέπει στους διάρθριους μύες να ασκούν υψηλές δυνάμεις κατά την διάρκεια της συστολής. Παρά τις υψηλές δυνάμεις που μπορούν να δημιουργηθούν από αυτούς τους μύς κατά την διάρκεια του άλματος, πολύ μικρό έργο γίνεται στις αρθρώσεις, εξαιτίας της μικρής αλλαγής στο μήκος του μυός. Αντιθέτως, η ενέργεια που δημιουργείται από τους εγγύτερους μονοαρθρικούς μύες μπορεί να μεταφερθεί από τους διάρθριους μύς και να εμφανίζεται σαν έργο σε μια απομακρυσμένη άρθρωση. Η μεταφορά της ενέργειας των διάρθριων μυών κατά το κατακόρυφο άλμα μπορεί να εξηγηθεί με το παρακάτω: Αν ο ορθός μηριαίος και ο γαστροκνήμιος είναι σχεδόν ισομετρικοί κατά την φάση της απογείωσης μπορεί να θεωρηθεί ότι ενεργούν σαν άκαμπτα καλώδια που συνδέουν το πρόσθιο μέρος της λεκάνης με το κνημιαίο κύρτωμα (ορθός μηριαίος) και το οπίσθιο τμήμα του μηρού στον αστράγαλο (γαστροκνήμιος). Η συστολή των εκτεινόντων του ισχίου θα προκαλέσει μια τάση όχι μόνο για την έκταση του ισχίου αλλά και για την έκταση του γόνατος, λόγω της

έλξης του άκαμπτου καλωδίου (ορθός μηριαίος). Ένα τμήμα της ενέργειας που δημιουργείται από τους εκτεινόντες του ισχίου κατά την φάση της απογείωσης θα μεταφερθεί μέσω του ορθού μηριαίου και θα εμφανιστεί σαν έργο στην άρθρωση του γόνατος. Η ίδια κατάσταση συμβαίνει με τον γαστροκνήμιο από την άρθρωση του γόνατος, στην άρθρωση της ποδοκνημικής. Το έργο γίνεται από τους μονοαρθρικούς εκτεινόντες του γόνατος ( μέσος/έξω/έσω πλατύς) οι οποίοι θα ενεργήσουν για να εκτείνουν την άρθρωση του γόνατος, αλλά ένα μέρος της ενέργειας τους που θα δημιουργηθεί, θα μεταφερθεί μέσω του άκαμπτου καλωδίου που ενώνει το μηριαίο οστό και την πτέρνα (ο γαστροκνήμιος). Η ενέργεια μεταφέρεται μέσω του γαστροκνημίου και θα εμφανιστεί ως έργο στην άρθρωση της ποδοκνημικής. Περίπου το ήμισυ της συνολικής ενέργειας που παράγεται από τους εκτεινόντες του ισχίου μεταφέρεται για να βοηθήσει στην έκταση του γόνατος και της άρθρωσης της ποδοκνημικής. Λόγω του σχεδιασμού του μυοσκελετικού συστήματος οι μεγάλοι μύες του ισχίου είναι ικανοί να αντισταθμίζουν την παραγωγή χαμηλότερης δύναμης των μικρότερων μυών του γόνατος και της ποδοκνημικής, παρέχοντας την ενέργεια που χρειάζεται για ένα κατακόρυφο άλμα. Αν και αυτό δεν σχετίζεται άμεσα με το κατακόρυφο άλμα η παραπάνω διαδικασία φαίνεται να συμβαίνει αντίστροφα, δηλαδή, στην προσγείωση από ένα άλμα, με τους εγγύτερους μονοαρθρικούς μύς να απορροφούν την ενέργεια, η οποία μεταφέρεται από τους διάρθριους μύς.

Καθώς το σώμα χαμηλώνει, πολλοί από τους εκτεινόντες μυς του ισχίου, του γόνατος και της ποδοκνημικής εκτείνονται. Επομένως, μόλις ενεργοποιηθούν, εκτελούν έκκεντρες συστολές (Reiser II, Rocheford, Armstrong, 2006). Το κάθετο άλμα χρησιμοποιεί τον κύκλο επιμήκυνσης-βράχυνσης κατά τον οποίο η έκκεντρη μυική επιμήκυνση αποθηκεύει ελαστική ενέργεια η οποία απελευθερώνεται εν μέρει κατά την αμέσως επόμενη ομόκεντρη σύσπαση των μυών (Harman, Rosenstein, Frykman, Rosenstein, 1990).

## 2.3. ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

Στις αθλητικές προπονήσεις καθώς και στην αποκατάσταση μετά από αθλητικές κακώσεις σημαντικό παράγοντα αποτελεί η έννοια της ειδικότητας που καθορίζει την επιλογή και την ακολουθία των ασκήσεων σε ένα πρόγραμμα. Σε πολλά αθλήματα (όπως η καλαθοσφαίριση, η πετοσφαίριση και η ενόργανη γυμναστική) η κίνηση του άλματος θεωρείται ως απαραίτητη επιδεξιότητα και συμβάλλει στις υψηλές επιδόσεις σε αγωνιστικές περιόδους. Συνεπώς αναπόσπαστο κομμάτι κατά το σχεδιασμό και την εφαρμογή του συνολικού προγράμματος προπόνησης πρέπει να αποτελούν οι ασκήσεις με άλματα. Για βέλτιστες επιδόσεις στις αθλητικές δραστηριότητες απαιτούνται τεχνικές ικανότητες και δύναμη. Η επιτυχία στις περισσότερες αθλητικές δραστηριότητες έγκειται στην ταχύτητα με την οποία παράγεται η μυϊκή δύναμη ή ισχύς. Πρώτο μέλημα των προγραμμάτων ενδυνάμωσης και βελτίωσης της φυσικής κατάστασης είναι η ενίσχυση της παραγωγής δύναμης με σκοπό να μεγιστοποιηθεί η παραγόμενη ισχύς. Η ισχύς αποτελεί συνάρτηση της δύναμης και της ταχύτητας και είναι δυνατό να αυξηθεί με την αύξηση του έργου ή της δύναμης που παράγουν οι μύες ή με την μείωση του χρόνου που απαιτείται για την παραγωγή αυτής της δύναμης. Αν και οι ασκήσεις με τα βάρη είναι δυνατόν να αυξήσουν τη δύναμη, περιορίζουν την ταχύτητα της κίνησης. Ο χρόνος που απαιτείται για την παραγωγή της μυϊκής δύναμης αποτελεί σημαντική παράμετρο για την αύξηση της ισχύος. Οι πλειομετρικές ασκήσεις είναι μια μορφή προπόνησης που επιχειρεί να συνδυάσει την ταχύτητα της κίνησης με τη δύναμη (Barbara J. Hoogenboom, et al. 2014).

Η πλειομετρική άσκηση αποτελεί μέθοδο βελτίωσης της αθλητικής απόδοσης, αλλά επιπλέον έχει κύριο ρόλο στην αποκατάσταση καθώς προκαλεί μηχανικές και νευρομυϊκές προσαρμογές. Στόχος κατά την αποκατάσταση των αθλητικών τραυματισμών είναι η επιστροφή σε πλήρη δραστηριότητα με τον ελάχιστο δυνατό κίνδυνο υποτροπής. Για να γίνει αυτό πρέπει να επιτευχθούν δύο στόχοι. Πρώτον η ενίσχυση των μηχανικών ιδιοτήτων των βιοϋλικών του μυοσκελετικού συστήματος ώστε να αντέχουν τα υψηλά φορτία κατά την εκτέλεση των αθλητικών δραστηριοτήτων, και δεύτερον η βελτιστοποίηση του νευρομυϊκού μηχανισμού, ώστε ο αθλητής να δέχεται την υψηλή φόρτιση, εξασφαλίζοντας την αναγκαία προενεργοποίηση των απαραίτητων μυών και τη γρηγορότερη αντίδραση όταν εκτεθεί σε αυτές τις φορτίσεις. Αυτό θα έχει ως συνέπεια την απόσβεση σημαντικού μέρους της κινητικής ενέργειας από το μυϊκό σύστημα αλλά και τον έλεγχο της ορθής ευθυγράμμισης των επιμέρους τμημάτων του σώματος ώστε τα φορτία που προέρχονται από την εδαφική αντίδραση στην κρούση, να κατευθυνθούν προς τις ανατομικές κατασκευές και περιοχές που είναι οι πλέον ενδεδειγμένες για τη διαχείρισή τους (Κωνσταντίνος Α. Φουσέκης 2015).

Η πλειομετρική άσκηση θεωρείται η πλέον καταλληλότερη μέθοδος ώστε και οι δύο αυτοί θεμελιώδεις στόχοι να επιτευχθούν στο μέγιστο βαθμό, καθώς οι μυοσκελετικές δομές υποβάλλονται σε υψηλά φορτία αλλά και ο νευρομυϊκός μηχανισμός σε αυξημένες απαιτήσεις. Η προοδευτική και ορθή (σωστή τεχνική) εφαρμογή υψηλών φορτίσεων οδηγεί σε προσαρμογές αναβάθμισης των μηχανικών ιδιοτήτων του σώματος, ενώ η νευρομυϊκή επανεκπαίδευση συμβάλλει στην αποτελεσματικότερη κωδικοποίηση της κίνησης στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Στην πραγματικότητα δεν επιτυγχάνεται πλήρης αθλητική αποκατάσταση χωρίς την εφαρμογή πλειομετρικού προγράμματος, καθώς μέσα από αυτό εξασφαλίζεται η λειτουργική επάρκεια σε συνθήκες φόρτισης που προσομοιάζουν καταστάσεις που συναντώνται σε προπονητική και αγωνιστική περίοδο. Επίσης η πλειομετρική λειτουργία μεγιστοποιεί την κινητική απόδοση,



προλαμβάνει τους μυοσκελετικούς τραυματισμούς αλλά και ελέγχει για τον προσδιορισμό του επιπέδου λειτουργικής ικανότητας (Φουσέκης 2015).

Οι πλειομετρικές ασκήσεις αναφέρονται στην βιβλιογραφία και ως αντιδραστικές νευρομυϊκές ασκήσεις και εφαρμόζονται όλο και περισσότερο από τους φυσικοθεραπευτές στα όψιμα στάδια του προγράμματος αποκατάστασης. Περιλαμβάνει ειδικές ασκήσεις που συνίστανται σε ταχεία έκκεντρη διάταση ενός μυός, η οποία ακολουθείται άμεσα από μία ταχεία συγκεντρική σύσπαση του ίδιου μυός, ώστε να διευκολυνθεί και να αναπτυχθεί μια ισχυρή και εκρηκτική κίνηση μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα. Όσο μεγαλύτερη είναι η διάταση του μυός από το μήκος ηρεμίας του πριν τη συγκεντρική σύσπαση, τόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση που μπορεί αυτός να υπερνικήσει. Οι πλειομετρικές ασκήσεις δίνουν έμφαση στην ταχύτητα της έκκεντρης φάσης. Ο ρυθμός της διάτασης είναι περισσότερο σημαντικός από το μέγεθός της. Ένα από τα πλεονεκτήματα της πλειομετρικής άσκησης είναι ότι βοηθά στην ανάπτυξη του έκκεντρου ελέγχου κατά τις δυναμικές κινήσεις. Τα άλματα και αναπηδήσεις αποτελούν ενδεικτικά παραδείγματα πλειομετρικών ασκήσεων του κάτω άκρου ενώ η χρήση ιατρικών μπαλών και άλλων τύπων βαρέος εξοπλισμού για το άνω άκρο. Οι πλειομετρικές ασκήσεις ασκούν μεγάλη φόρτιση στο μυοσκελετικό σύστημα. Η εκμάθηση και τελειοποίηση συγκεκριμένων ικανοτήτων για άλματα καθώς και άλλων πλειομετρικών ασκήσεων θα πρέπει να είναι τεχνικά ορθή και να προσαρμόζεται στην ηλικία, το επίπεδο της δραστηριότητας, τη σωματική ανάπτυξη και το επίπεδο ικανοτήτων κάθε ατόμου. Είναι απαραίτητο να θυμάται κανείς ότι τα άλματα αποτελούν μια συνεχή εναλλαγή μεταξύ μείωσης και παραγωγής δύναμης. Η εναλλαγή αυτή λαμβάνει χώρα σε όλο το σώμα: στην ποδοκνημική, στο γόνατο, στο ισχίο, στον κορμό και στα άνω άκρα. Ο συγχρονισμός των παραπάνω μερών του σώματος οδηγεί σε θετική δύναμη αντίδρασης του εδάφους, με αποτέλεσμα υψηλό ρυθμό παραγωγής δύναμης (Hoogenboom 2014).

### 2.3.1. ΟΡΙΣΜΟΣ

Η πλειομετρική άσκηση έχει χρησιμοποιηθεί για πολλές δεκαετίες στο πρόγραμμα αθλητικής προπόνησης της Ρωσίας και Ανατολικής Ευρώπης. Ο προπονητής Σοβιετικής καταγωγής Verkhoshanski θεωρείται πρωτοστάτης αυτής της προπόνησης με τυχαίες αναπηδήσεις και άλματα, που άρχισε να αποκαλείται ως αλτική προπόνηση. Ο όρος *πλειομετρική* πρωτοεμφανίστηκε το 1975 από τον Αμερικάνο προπονητή του στίβου Fred Wilt. Η ετυμολογία της λέξης *πλειομετρικές* έχει ρίζες από την αρχαία Ελλάδα. Το πρώτο συνθετικό *πλειο-* σημαίνει «περισσότερο» ενώ το δεύτερο προέρχεται από το ρήμα μετρώ. Συνεπώς, σκοπός των πλειομετρικών μπορεί να θεωρείται «η αύξηση του μέτρου». Συνήθως ως μέτρηση χαρακτηρίζεται το αποτέλεσμα των αθλητικών αποδόσεων κατά την αγωνιστική ή προπονητική περίοδο όπως η ρίψη μπάλας, η ταχύτητα σπρίντ ή το ύψος του άλματος (George Davies et al. 2015). Πρακτικά οι πλειομετρικές ασκήσεις ορίζονται ως ταχείες και ισχυρές κινήσεις που περιλαμβάνουν την προ-διάταση του μυός και την ενεργοποίηση του κύκλου διάτασης-βράχυνσης για την παραγωγή ισχυρότερης συγκεντρικής σύσπασης. Εκμεταλλεύεται δηλαδή τον κύκλο επιμήκυνσης-βράχυνσης για την αύξηση της μυϊκής ισχύος (Hoogenboom 2014).

Η πλειομετρική προπόνηση έχει καθιερωθεί ως μέθοδος για τη βελτίωση της εκρηκτικής δύναμης και κατά συνέπεια της επίδοσης σε αθλήματα ταχυδύναμης καθώς επίσης και ως μέσο πρόληψης τραυματισμών ή αποφυγής επιπλοκών κατά την αποκατάσταση μυοσκελετικών κακώσεων (Φουσέκης 2015). Ο κύριος στόχος της είναι η αύξηση της διεγερσιμότητας του νευρικού συστήματος, για την βελτίωση της ικανότητας νευρομυϊκής αντίδρασης. Συνεπώς, κάθε

άσκηση που χρησιμοποιεί το μυοτατικό αντανακλαστικό για την παραγωγή μιας πιο ισχυρής αντίδρασης του συσπόμενου μυός είναι εκ φύσεως πλειομετρική. Όλα τα πρότυπα κίνησης στις αθλητικές και καθημερινές δραστηριότητες αποτελούνται από επαναλαμβανόμενους κύκλους διάτασης-βράχυνσης. Καθώς οι πλειομετρικές ασκήσεις εκπαιδεύουν συγκεκριμένες κινήσεις κατά έναν εμβιομηχανικά ακριβή τρόπο, οι μύες, οι τένοντες και οι σύνδεσμοι υποβάλλονται σε λειτουργική ενδυνάμωση. Ιδιαίτερα σημαντικός είναι επίσης ο ρόλος των μυών του πυρήνα, δηλαδή των μυών της κοιλιακής χώρας και οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, οι οποίοι παρέχουν ένα σημαντικό συνδετικό κρίκο για τη σταθερότητα και την ισχύ. Η πλειομετρική άσκηση των μυών αυτών μπορεί να ενσωματωθεί σε μεμονωμένες ασκήσεις, καθώς επίσης και σε λειτουργικές δραστηριότητες (Hoogenboom 2014).

### **2.3.2. ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ**

Στόχος της πλειομετρικής άσκησης είναι να μειωθεί ο χρόνος που απαιτείται μεταξύ της έκκεντρης μυϊκής σύσπασης και της έναρξης της συγκεντρικής σύσπασης που τελικά επικρατεί. Η φυσιολογική κίνηση σπάνια ξεκινά από στατική θέση, αλλά ακολουθεί μια έκκεντρη προ-διάταση που φορτίζει τον μυ και τον προετοιμάζει για την επερχόμενη συγκεντρική σύσπαση. Ο συνδυασμός της έκκεντρης-συγκεντρικής μυϊκής σύσπασης είναι γνωστός ως κύκλος διάτασης-βράχυνσης (Hoogenboom 2014). Σε πολλές περιπτώσεις ο κύκλος επιμήκυνσης-βράχυνσης και η πλειομετρική άσκηση έχουν χρησιμοποιηθεί ως ταυτόσημες έννοιες. Τελικά όμως ο κύκλος επιμήκυνσης-βράχυνσης χρησιμοποιείται συνήθως για να περιγράψει τη φυσιολογική λειτουργία που συμβαίνει σε αλτικές, ριπτικές και δρομικές δραστηριότητες, ενώ ο όρος πλειομετρική άσκηση χρησιμοποιείται στην ορολογία της αποκατάστασης για να περιγράψει τις δραστηριότητες που «κεφαλοποιούν» τον κύκλο επιμήκυνσης-βράχυνσης για την επίτευξη προπονητικού κέρδους. Με την χρήση πλειομετρικών ασκήσεων, αυξάνεται η μυοτενόντια σκληρότητα (stiffness), η οποία εκφράζεται στην πράξη με μείωση της ενδοτικότητας του μυοτενόντιου συνόλου και, κατά συνέπεια, με αμεσότερη μετάδοση της μυϊκής ενέργειας στην κατάφυση των τενόντων. Ως προσαρμογή της πλειομετρικής προπόνησης, η μυοτενόντια σκληρότητα βελτιώνεται και ενισχύει την αρθρική σταθερότητα, καθώς έτσι οι απότομες παρεκτοπίσεις συναντούν μεγαλύτερη αντίδραση και ελέγχονται αμεσότερα και αποτελεσματικότερα (Φουσέκης 2015).

### **ΕΚΚΕΝΤΡΗ ΠΡΟ-ΔΙΑΤΑΣΗ**

Στη φάση της έκκεντρης προ-διάτασης κατά την πλειομετρική άσκηση, διατείνεται η μυϊκή άτρακτος της μυοτενόντιας ένωσης και τα μη συσταλτά στοιχεία του μυ (σε σειρά ελαστικά στοιχεία και παράλληλα ελαστικά στοιχεία). Αυτός ο ερεθισμός των στοιχείων του μυ χαρακτηρίζεται ως νευροφυσιολογική-μηχανική απάντηση. Πολλοί ερευνητές έχουν αποδείξει ότι αυτή η έκκεντρη προ-διάταση θα ενισχύσει την αντίσταση της συγκεντρικής σύσπασης του μυ. Η φάση της προ-διάτασης βασίζεται σε τρεις μεταβλητές: το μέγεθος της διάτασης, την ταχύτητα της διάτασης και την διάρκεια της διάτασης. Η αλλαγή οποιασδήποτε από αυτές τις μεταβλητές θα έχει σημαντικό αντίκτυπο στην ενέργεια που αποθηκεύεται κατά την κίνηση της έκκεντρης προ-διάτασης (Davies et al. 2015).

## **ΦΑΣΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ**

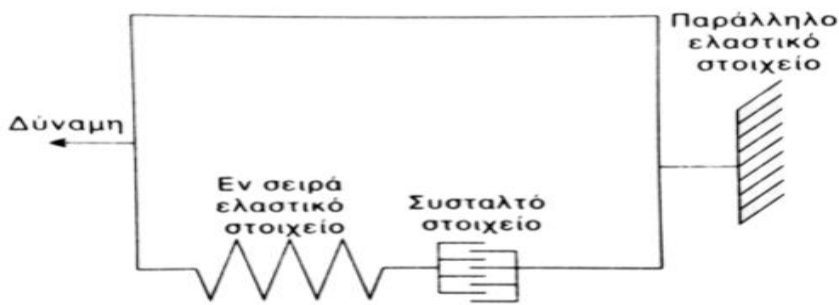
Ο όρος απόσβεση αναπτύχθηκε για να περιγράψει το χρόνο από την παύση της έκκεντρης προ-διάτασης στην έναρξη της συγκεντρικής μυϊκής σύσπασης. Αυτή η φάση χαρακτηρίζεται επίσης και ως φάση ηλεκτρομηχανικής καθυστέρησης της πλειομετρικής. Η φάση απόσβεσης είναι ο χρόνος καθυστέρησης μεταξύ της έκκεντρης προ-διάτασης και συγκεντρικής σύσπασης κατά την οποία ο μυς θα χρειαστεί να μεταβεί από την υπερνίκηση του έργου στην επιτάχυνση προς την αντίθετη κατεύθυνση. Αυτή είναι φάση κλειδί για την εκτέλεση πλειομετρικών ασκήσεων, καθώς όσο μικρότερη είναι η φάση απόσβεσης τόσο πιο αποδοτική και ισχυρή είναι η πλειομετρική κίνηση λόγω της αποθηκευμένης ενέργειας που χρησιμοποιείται επιτυχώς κατά την μετάβαση. Η αύξηση του χρόνου που αναλογεί στην φάση απόσβεσης οδηγεί σε μείωση της παραγόμενης δύναμης. Αν η φάση απόσβεσης καθυστερήσει, η αποθηκευμένη ενέργεια χάνεται ως θερμότητα, το μυοτατικό αντανακλαστικό δεν ενεργοποιείται και η επακόλουθη συγκεντρική σύσπαση δεν είναι τόσο αποδοτική. Ένας από τους πρωταρχικούς στόχους της πλειομετρικής άσκησης είναι να μειωθεί η φάση απόσβεσης (Davies et al. 2015).

## **ΣΥΓΚΕΝΤΡΙΚΗ - ΦΑΣΗ ΒΡΑΧΥΝΣΗΣ**

Περιγράφεται και ως φάση διευκόλυνσης ή βελτιστοποίησης της πλειομετρικής άσκησης. Αυτή η τελική αυτή φάση της πλειομετρικής κίνησης προκύπτει από τις πολλές αλληλεπιδράσεις συμπεριλαμβανομένου και της βιομηχανικής απάντησης που χρησιμοποιεί τις ελαστικές ιδιότητες των προ-διατεταμένων μυών (Davies et al. 2015).

### **2.3.4. ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ**

Στις αθλητικές δραστηριότητες οι μύες λειτουργούν ως μέσο παραγωγής δύναμης και απορρόφησης κραδασμών κυρίως λόγω των συσταλών και παθητικών στοιχείων του μυ. Αυτές οι ελαστικές ιδιότητες σχηματίζουν τη βάση των μηχανικών χαρακτηριστικών του μυ και μπορούν να αναπαρασταθούν με ένα μοντέλο αποτελούμενο από τρία στοιχεία: τα συσταλά στοιχεία, τα ελαστικά στοιχεία τοποθετημένα σε σειρά και τα ελαστικά στοιχεία τοποθετημένα παράλληλα. Τα στοιχεία αυτά αλληλοεπιδρούν για την παραγωγή ενέργειας (Davies et al. 2015). Τα συσταλά στοιχεία αποτελούν συνήθως το αντικείμενο κινητικού ελέγχου και τα ελαστικά στοιχεία έχουν επίσης σημαντικό ρόλο στη σταθερότητα και ακεραιότητα των ινών κατά την επιμήκυνση του μυός. Κατά την επιμήκυνση η ενέργεια που παράγεται αποθηκεύεται στους μύες με την μορφή κινητικής ενέργειας. (Hoogenboom 2014). Η μηχανική συμπεριφορά των ελαστικών στοιχείων σε σειρά συνεισφέρει σημαντικά στην πλειομετρική κίνηση. Η αυξημένη παραγωγή δύναμης κατά την συγκεντρική φάση πραγματοποιείται από την φόρτιση των ελαστικών στοιχείων. Κατά την προ-διάταση, ελαστική ενέργεια είναι αποθηκευμένη στα σε σειρά ελαστικά στοιχεία. Αυτή η αποθηκευμένη ενέργεια στη συνέχεια συνεισφέρει στην συγκεντρική φάση καθώς ο μυς επιστρέφει στο αρχικό του μήκος (Davies et al. 2015).



Εικόνα 25: Το μοντέλο των τριών στοιχείων (προσαρμοσμένο από Hoogenboom, 2014)

Κατά την συγκεντρική σύσπαση, το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας που παράγεται προέρχεται από την ολίσθηση των μυϊκών νηματίων μεταξύ τους. Η δύναμη μεταβιβάζεται μέσω των σε σειρά ελαστικών στοιχείων. Όταν ο μυς συσπάται έκκεντρα επιμηκύνεται με αποτέλεσμα να διατείνονται τα σε σειρά ελαστικά στοιχεία τα οποία συμβάλλουν στην συνολική παραγωγή δύναμης. Συνεπώς, η συνολική δύναμη είναι το άθροισμα των δυνάμεων που παράγονται από τα συστατά στοιχεία και από την διάταση των σε σειρά ελαστικών στοιχείων. Όταν πριν από την συγκεντρική σύσπαση προηγείται μια έκκεντρη, παρατηρείται σημαντική αύξηση στην παραγόμενη συγκεντρική δύναμη. Κατά την συγκεντρική σύσπαση του μυός, η ελαστική ενέργεια που έχει αποθηκευτεί στα σε σειρά ελαστικά στοιχεία μπορεί να ανακτηθεί και να χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση της σύσπασης. Η ικανότητα χρήσης της αποθηκευμένης ελαστικής ενέργειας επηρεάζεται από τρεις παραμέτρους: το χρόνο, το μέγεθος και την ταχύτητα της διάτασης. Η συγκεντρική σύσπαση μπορεί να ενισχυθεί μόνο αν η έκκεντρη σύσπαση που προηγείται είναι βραχέος εύρους και πραγματοποιείται γρήγορα και χωρίς καθυστέρηση (Hoogenboom 2014).

Η αποθήκευση της ελαστικής ενέργειας μπορεί επίσης να επηρεαστεί και από τον τύπο των μυϊκών ινών που συμμετέχουν στη σύσπαση. Οι Bosco και συν. ανέφεραν διαφορά στη επαναφορά της ελαστικής ενέργειας μεταξύ των ινών βραδείας και ταχείας συστολής. Σύμφωνα με αυτή τη μελέτη, οι μυϊκές ίνες ταχείας συστολής ανταποκρίνονται σε προ-διάταση υψηλής ταχύτητας και μικρού εύρους. Το μέγεθος της ελαστικής ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε ήταν ανάλογο της ποσότητας που ήταν αποθηκευμένη. Όταν στον μυ εφαρμόζεται μια μακρά και βραδεία διάταση, οι ίνες ταχείας και βραδείας συστολής αποθηκεύουν παρόμοιο ποσό ελαστικής ενέργειας. Όμως η ενέργεια αυτή χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερο βαθμό από τις ίνες βραδείας συστολής. Αυτό υποδηλώνει ότι οι ίνες βραδείας συστολής πιθανόν να έχουν την ικανότητα αποτελεσματικότερης χρήσης της ελαστικής ενέργειας κατά τις βαλλιστικές κινήσεις, οι οποίες χαρακτηρίζονται από μακρά και βραδεία προ-διάταση κατά τον κύκλο διάτασης-βράχυνσης (Hoogenboom 2014).

## ΝΕΥΡΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ

Στους υποδοχείς του σώματος ανήκουν η μυϊκή άτρακτος, το τενόντιο όργανο Golgi και οι μηχανοϋποδοχείς που βρίσκονται στην άρθρωση και στους συνδέσμους (Davies et al. 2015). Η μυϊκή άτρακτος αποτελεί έναν περίπλοκο υποδοχέα διάτασης και βρίσκεται παράλληλα προς τις

μυϊκές ίνες. Οι αισθητικές πληροφορίες που σχετίζονται με το μήκος της μυϊκής ατράκτου και το ρυθμό της εφαρμοζόμενης διάτασης μεταβιβάζονται στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Αν το μήκος των περιβαλλόμενων μυϊκών ινών είναι μικρότερο από εκείνο της μυϊκής ατράκτου, μειώνεται η συχνότητα των νευρικών ώσεων από την άτρακτο. Όταν διατείνεται η μυϊκή άτρακτος, παράγεται μια κεντρομόλος αισθητική αντίδραση που μεταβιβάζεται στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Στη συνέχεια προκαλείται μία κινητική αντίδραση από τις νευρικές ώσεις που αποστέλλονται πίσω στο μυ. Καθώς συσπάται ο μυς, μειώνεται η διάταση της μυϊκής ατράκτου, καταργώντας έτσι το αρχικό ερέθισμα. Η δύναμη του σήματος που στέλνεται στον νωτιαίο μυελό από την μυϊκή άτρακτο εξαρτάται από το ρυθμό της εφαρμοζόμενης διάτασης. Όσο πιο γρήγορος είναι ο ρυθμός της διάτασης τόσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα ενεργοποίησης της μυϊκής ατράκτου και η επακόλουθη μυϊκή σύσπαση. Μια μυϊκή άτρακτος με χαμηλό επίπεδο ευαισθησίας θα έχει σαν αποτέλεσμα τη δύσκολη υπερνίκηση της ταχείας επιμήκυνσης και επομένως θα προκαλέσει λιγότερο ισχυρή αντίδραση (Hoogenboom 2014).

Ένας άλλος μηχανοϋποδοχέας που παίζει σημαντικό ρόλο στον κύκλο επιμήκυνσης-βράχυνσης είναι το τενόντιο όργανο Golgi το οποίο βρίσκεται μέσα στον τένοντα, κοντά στην μυοτενόντια συμβολή. Έχει ανασταλτική δράση στο μυ συμμετέχοντας στο μυοτατικό αντανακλαστικό που περιορίζει την τάση. Σκοπός του είναι να δρα σαν προστατευτικός μηχανισμός. Όταν η ενδομυϊκή τάση φτάνει σε σημείο που μπορεί να προκαλέσει βλάβη, το τενόντιο όργανο Golgi ενεργοποιείται μειώνοντας την διέγερση του μυός (Hoogenboom 2014). Έτσι το τενόντιο όργανο Golgi βοηθά στη διαμόρφωση των δυνάμεων κατά την πλειομετρική άσκηση. Συνεπώς ο σκοπός της πλειομετρικής προπόνησης είναι να αυξήσει την διέγερση των νευρο-υποδοχέων για τη βελτίωση του νευρομυϊκού συντονισμού ενώ απευαισθητοποιεί το τενόντιο όργανο Golgi. Οι εκρηκτικές πλειομετρικές ασκήσεις μπορούν να βελτιώσουν την νευρική αποτελεσματικότητα μέσω της ενίσχυσης του νευρομυϊκού συντονισμού. Συνεπώς η πλειομετρική προπόνηση αυξάνει την νευρομυϊκή λειτουργία καθώς αυξάνει την ταχύτητα αντίδρασης του μυός. Τελικά, αυτός ο μηχανισμός έχει ως αποτέλεσμα την ενίσχυση του νευρολογικού συστήματος, επιτρέποντας στο νευρομυϊκό συντονισμό να γίνει πιο αυτόματος (Davies et al. 2015).

Η πλειομετρική άσκηση με την επαναλαμβανόμενη χρήση του κύκλου επιμήκυνσης-βράχυνσης σε λειτουργικές δραστηριότητες, δημιουργεί μόνιμες αλλαγές στο Κεντρικό Νευρικό Σύστημα. Δημιουργείται μια ασπίδα προστασίας στις μυοσκελετικές δομές μέσω της προετοιμασίας για φόρτιση με προ-ενεργοποίηση των κατάλληλων μυών και μέσω της πιο επαρκούς αντίδρασης με την έναρξη της φόρτισης. Μέσω της αύξησης της προ-ενεργοποίησης ρυθμίζεται και η μυοτενόντια σκληρότητα σε κατάλληλο επίπεδο, ενώ συνεισφέρει σε αυτό και η προσαρμογή στη λειτουργία των μηχανοϋποδοχέων. Το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα διαθέτει την ικανότητα να διδάσκεται μέσω της ορθής επανάληψης και να αποκτά κινητική μνήμη σε ό,τι αφορά τη συγκεκριμένη κινητική δραστηριότητα (Φουσέκης 2015).

Ο συνδυασμός της αποθήκευσης ελαστικής ενέργειας και της ενεργοποίησης του μυός μέσω του μυοτατικού αντανακλαστικού έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη παραγωγή δύναμης κατά τον κύκλο διάτασης-βράχυνσης. Είναι άγνωστο το ποσοστό που συμβάλλει κάθε στοιχείο. Η αύξηση της παραγόμενης δύναμης εξαρτάται από το χρόνο που παρεμβάλλεται μεταξύ της έκκεντρης και συγκεντρικής σύσπασης (φάση απόσβεσης) (Hoogenboom 2014).

Η απόδοση μπορεί να βελτιωθεί μέσω των πλειομετρικών ασκήσεων με αρκετούς μηχανισμούς. Παρόλο που έχει αποδειχθεί η αύξηση της ταχύτητας του μυοτατικού αντανακλαστικού, η αποτελεσματικότερη επιστράτευση πρόσθετων κινητικών μονάδων είναι κατά κύριο λόγο

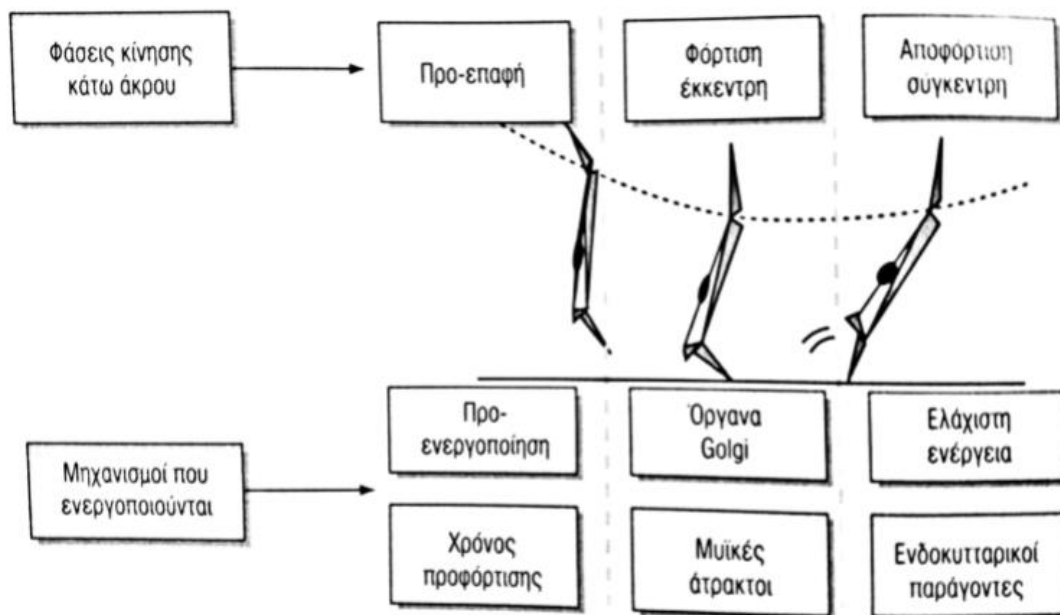
υπεύθυνη για την αυξημένη ένταση της επακόλουθης μυϊκής σύσπασης. Σύμφωνα με την σχέση δύναμης-ταχύτητας, η παραγωγή δύναμης είναι μεγαλύτερη όσο γρηγορότερα φορτίζεται ή επιμηκύνεται έκκεντρα ένας μυς. Η έκκεντρη επιμήκυνση θα ασκήσει επιπλέον φόρτιση στα ελαστικά στοιχεία των μυϊκών ινών. Το μυοτατικό αντανακλαστικό μπορεί επίσης να αυξήσει την ακαμψία, επιστρατεύοντας περισσότερες μυϊκές ίνες. Η πρόσθετη αυτή ακαμψία επιτρέπει στο μυϊκό σύστημα να χρησιμοποιήσει περισσότερη εξωτερική φόρτιση με την μορφή ελαστικής επαναφοράς. Η ανασταλτική επίδραση των τενόντιων οργάνων Golgi στην παραγωγή δύναμης είναι ένας ακόμη πιθανός μηχανισμός με τον οποίο οι πλειομετρικές ασκήσεις μπορούν να αυξήσουν την δύναμη ή την ισχύ. Καθώς, όπως προαναφέρθηκε, το τενόντιο όργανο Golgi συμβάλλει στο μυοτατικό αντανακλαστικό το οποίο περιορίζει την τάση μειώνοντας το βαθμό της δύναμης που μπορεί να παραχθεί, η ουδός διέγερσής του αποτελεί περιοριστικό παράγοντα. Οι Bosco και Komii πρότειναν ότι η πλειομετρική προπόνηση μπορεί να απευαισθητοποιήσει το τενόντιο όργανο Golgi, αυξάνοντας έτσι το επίπεδο της αναστολής. Αν συμβεί αυτό, μπορεί να παρατηρηθεί μεγαλύτερη παραγωγή δύναμης από το μυοσκελετικό σύστημα (Hoogenboom 2014).

Σύμφωνα με τον Cardinale και τους συνεργάτες του, οι μηχανισμοί με την σημαντικότερη συνεισφορά βρίσκονται σε άμεση συνάρτηση με το είδος της δραστηριότητας και την ταχύτητα εκτέλεσης που αυτό απαιτεί: ο αυξημένος χρόνος προ-διάτασης παίζει ρόλο σε μεγάλου εύρους κινήσεις και πιο αργές ως προς την εναλλαγή έκκεντρης-συγκεντρικής συστολής, το μυοτατικό αντανακλαστικό παίζει ρόλο σε μέτριας διάρκειας εναλλαγές έκκεντρης-συγκεντρικής συστολής ενώ η έκλυση της αποθηκευμένης ελαστικής ενέργειας παίζει ρόλο σε αυξημένη ταχύτητα κινήσεις (εκρηκτικού τύπου) (Φουσέκης 2015).

## **ΝΕΥΡΟΜΥΪΚΟΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ**

Ο τελευταίος μηχανισμός με τον οποίο η πλειομετρική προπόνηση μπορεί να ενισχύσει την μυϊκή απόδοση έχει σχέση με τον νευρομυϊκό συντονισμό καθώς η ταχύτητα της μυϊκής σύσπασης μπορεί να περιοριστεί με το νευρομυϊκό συντονισμό. Η προπόνηση με εκρηκτική προ-διάταξη σε καθορισμένο εύρος ταχύτητας είναι δυνατό να βελτιώσει τη νευρομυϊκή αποτελεσματικότητα, αυξάνοντας με αυτό τον τρόπο τη νευρομυϊκή απόδοση. Η πλειομετρική προπόνηση προάγει τις μεταβολές του νευρομυϊκού συστήματος που επιτρέπουν στο άτομο να ελέγχει καλύτερα το συσπώμενο μυ και τους συνεργικούς μύες Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη καθαρή δύναμη, ακόμη και όταν δεν υπάρχει μορφολογική προσαρμογή του μυός. Η νευρική αυτή προσαρμογή μπορεί να αυξήσει την απόδοση κάνοντας το νευρικό σύστημα να λειτουργεί περισσότερο αυτόματα (Hoogenboom 2014).

Συμπερασματικά, η αποτελεσματικότητα της πλειομετρικής προπόνησης στηρίζεται περισσότερο στο βαθμό της διάταξης παρά στο μήκος της. Έμφαση θα πρέπει να δίνεται στη μείωση της φάσης απόσβεσης. Όσο πιο σύντομη είναι αυτή η φάση, δεν χάνεται τόση ελαστική ενέργεια με τη μορφή θερμότητας και δεν ενεργοποιείται το μυοτατικό αντανακλαστικό. Συνεπώς, όσο γρηγορότερα μπορεί το άτομο να μεταβεί από την έκκεντρη στην συγκεντρική σύσπαση, τόσο πιο ισχυρή είναι η αντίδραση (Hoogenboom 2014).



Εικόνα 26: Παράγοντες αύξησης της μυϊκής απόδοσης κατά την πλειομετρική άσκηση (προσαρμοσμένο από Φουσέκη, 2015)

### 2.3.5. ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

Το πλειομετρικό πρόγραμμα είναι μια ευρέως γνωστή μορφή προπόνησης με σκοπό την βελτίωση της φυσικής κατάστασης που απευθύνεται σε υγιείς ανθρώπους και σε ειδικές ομάδες πληθυσμού (όπως ασθενείς με οστεοπόρωση) (Goran Markovic & Pavle Mikulic 2010.). Ο κύκλος επιμήκυνσης-βράχυνσης ενισχύει την ικανότητα του νευρικού και μυοτενόντιου συστήματος για την παραγωγή μέγιστης δύναμης στον μικρότερο δυνατό χρόνο, χρησιμοποιώντας την πλειομετρική άσκηση ως γέφυρα μεταξύ δύναμης και ταχύτητας. Πιο συγκεκριμένα η πλειομετρική προπόνηση χρησιμοποιείται συνήθως για βελτίωση της νευρομυϊκής λειτουργίας καθώς και για βελτίωση της απόδοσης τόσο σε αθλητικές δραστηριότητες εκρηκτικού τύπου όσο και σε αντοχής. Γι αυτό το λόγο, η πλειομετρική προπόνηση έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς για αύξηση της αθλητικής απόδοσης ιδίως στα κάθετα άλματα. Έχουν παρατηρηθεί πολλά οφέλη στην απόδοση των αθλητών καθώς και στη νευρομυϊκή λειτουργία κυρίως του κάτω άκρου, λόγω της πλειομετρικής προπόνησης. Τα οφέλη αυτά μπορούν να συνοψιστούν σε δύο κατηγορίες: α) η πλειομετρική άσκηση αναπαριστά τον κύκλο επιμήκυνσης-βράχυνσης που συναντάται στο μεγαλύτερο μέρος των αθλητικών κινήσεων, όπως είναι οι ρίψεις για το άνω άκρο και οι προσγειώσεις για τα κάτω άκρα και εξασκεί στοχευμένα τις κατάλληλες μυϊκές ομάδες και β) προκαλεί νευρομυϊκές αλλαγές στους μηχανοϋποδοχείς και στην προ-ενεργοποίηση του μυϊκού συστήματος, που αυξάνει την απόδοση μυϊκής ισχύος και της επίδοσης σε ταχοδυναμικές δραστηριότητες (Φουσέκης 2015).

Διάφορες έρευνες υποστηρίζουν ότι η πλειομετρική προπόνηση μπορεί να βελτιώσει την βιομηχανική τεχνική και τον νευρομυϊκό έλεγχο σε αθλητικές δραστηριότητες επαφής όπως η προσγείωση από άλματα. Επιπρόσθετα μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο τραυματισμού κάτω

άκρων σε ομαδικά αθλήματα. Τέλος, πειραματικά δεδομένα δείχνουν ότι η πλειομετρική προπόνηση επιφέρει όχι μόνο νευρομυϊκές αλλά και οστικές και μυο-τενόντιες προσαρμογές (Markovic.& Mikulic 2010).

Είναι γνωστό ότι η άσκηση επιδρά θετικά στην αύξηση της οστικής μάζας. Αυτό είναι ιδιαίτερα φανερό για την άσκηση δυναμικής φόρτισης με υψηλές απαιτήσεις, όπως η υψηλή ένταση. Αφού η πλειομετρική προπόνηση με άλματα σχετίζεται με υψηλές δυνάμεις αντίδρασης εδάφους (μέχρι 7 φορές του σωματικού βάρους) (Bobbert et al.1986), αυτού του είδους η άσκηση θα μπορούσε να θεωρηθεί κατάλληλη για αύξηση της οστικής μάζας (Markovic.& Mikulic 2010).

Σύμφωνα με τους Terese et al. πλειομετρικό πρόγραμμα διάρκειας 6 έως 15 εβδομάδων συνήθως βελτιώνει τις μεταβλητές της αθλητικής απόδοσης. Για παράδειγμα, το μέγιστο ύψος στο κάθετο άλμα έχει αποδειχθεί επανειλημμένως ότι αυξάνεται με την πλειομετρική προπόνηση. Επιπροσθέτως, ο χρόνος που καταγράφεται στο σπρίντ μειώνεται (Rimmer E & Sleivert G 2000), η ταχύτητα swing με το μαστούνι του γκόλφ αυξάνεται (Fletcher IM, Hartwell M 2004) και η δρομική οικονομία βελτιώνεται (Spruys RW et al. 2003). Η αποτελεσματικότητα της πλειομετρικής προπόνησης σε ταχοδυναμικά αθλήματα, εξαρτάται από το συντομότερο δυνατό χρόνο εκτέλεσης της άσκησης με την ταχύτερη μετάβαση από έκκεντρη σε συγκεντρική συστολή και όχι από το μεγάλο μέγεθος της μυϊκής επιμήκυνσης. Διαφορετικά, αυξάνεται το ποσό απώλειας ελαστικής ενέργειας σε θερμότητα και αδρανοποιείται το μυοστατικό αντανακλαστικό (Φουσέκης 2015).

Η πλειομετρική προπόνηση από μόνη της αυξάνει την δύναμη του κάτω άκρου ενώ όταν συνδυάζεται και με προπόνηση με βάρη, τα κέρδη αυτά είναι ακόμη μεγαλύτερα<sup>27,28</sup>. Ο συνδυασμός της πλειομετρικής προπόνησης και προπόνησης με βάρη επιφέρει αύξηση την δύναμης του κάτω άκρου της τάξεως του 90% μετά από μόλις έξι εβδομάδες (Myer GD et al. 2005), ενώ η αλτική ικανότητα βελτιώνεται τρεις φορές περισσότερο συγκριτικά με κάθε μέθοδο ξεχωριστά. Επίσης άλλα μυϊκά οφέλη που επιφέρει είναι η αύξηση της ταχύτητας που παράγεται η δύναμη (Newton RU et al. 1999) και η καθυστερημένη μυϊκή κόπωση στα άλματα (McLaughlin EJ 2001). Τόσο οι Hewett et al. και Wilkerson et al. βρήκαν αύξηση της μέγιστης ροπής κατά την κάμψη του γόνατος μετά από την προπόνηση, η οποία εξομάλυνε τις ανισορροπίες μεταξύ τετρακέφαλου και οπίσθιων μηριαίων. Ως μέρος ενός ολοκληρωμένου προπονητικού προγράμματος, η πλειομετρική άσκηση βελτιώνει νευρομυϊκές ανισορροπίες που μπορεί να κάνει επιρρεπείς τις αθλήτριες σε τραυματισμό. Επιπλέον αρκετές έρευνες έχουν αποδείξει ότι τα προπονητικά προγράμματα που περιλαμβάνουν πλειομετρικές ασκήσεις έχουν χαμηλότερο ρίσκο τραυματισμού του κάτω άκρου στις γυναίκες (Terese et al. 2006).

Οι πλειομετρικές μπορούν να επιφέρουν επιπλέον βελτιώσεις της νευρομυϊκής λειτουργίας, συμπεριλαμβανομένου της ιδιοδεκτικότητας και του ελέγχου της στάσης. Για παράδειγμα, οι Swanik et al. 2002) βρήκαν βελτιωμένη ιδιοδεκτικότητα στην άρθρωση του ώμου μετά από πλειομετρική προπόνηση τόσο σε ουδέτερη στάση όσο και σε τελικό εύρος έξω στροφής. Ο έλεγχος της μονοποδικής στάσης βελτιώθηκε μετά από προπονητικό πρόγραμμα που περιλάμβανε πλειομετρικές ασκήσεις, και αξιολογήθηκε από το Biodex Stability System (Paterno MV et al. 2004). Το προπονητικό πρόγραμμα περιλάμβανε και ασκήσεις ισορροπίας οι οποίες όμως αφαιρέθηκαν στη follow-up έρευνα που διεξάχθηκε. Με τις ασκήσεις ισορροπίας να μην είναι μέρος του προπονητικού προγράμματος πλέον, η ομάδα με τις πλειομετρικές ασκήσεις έδειξε βελτιωμένο έλεγχο κέντρου βάρους κατά την προσγείωση από άλμα, εξισορρόπησε τις



δυνάμεις προσγείωσης μεταξύ των κάτω άκρων και μείωσε τις βιομηχανικές μετρήσεις σχετικά με τον τραυματισμό των κάτω άκρων (Myer GD et al. 2004).

## **2.4 ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΕ ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ**

Για αξιολογηθεί αν υπάρχει η απαραίτητη μυϊκή δύναμη για την ασφαλή συμμετοχή στο πλειομετρικό πρόγραμμα, έχει προταθεί από τον Chu να χρησιμοποιείται δυναμικό κάθισμα με βάρος ίσο με το 60% του σωματικού βάρους. Ζητείται από τον συμμετέχον να πραγματοποιήσει 5 επαναλήψεις σε 5 δευτερόλεπτα. Εάν ο ασθενής δεν τα καταφέρει τότε το πρόγραμμα θα πρέπει να επικεντρωθεί στην ενδυνάμωση με σκοπό να αναπτυχθεί ένα βασικό επίπεδο. Μια και η έκκεντρη μυϊκή ισχύς αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την πλειομετρική προπόνηση, έχει μεγάλη σημασία να εξασφαλιστεί το επαρκές βασικό επίπεδο αυτής (Hoogenboom 2014).

Η βαλλιστική φύση των πλειομετρικών ασκήσεων καθιστά αναγκαίο έναν καλό δυναμικό έλεγχο. Γι' αυτό τόσο η μυϊκή δύναμη όσο και η ισορροπιστική ικανότητα είναι απαραίτητες ώστε ο ασκούμενος να ανταπεξέλθει με επιτυχία στις μεταβλητές συνθήκες προσγείωσης που απαιτούνται για την εκτέλεση των πλειομετρικών ασκήσεων. Ο συμμετέχον πρέπει να διατηρεί μονοποδική ισορροπία για 30 sec με κλειστά μάτια, και να εκτελεί ημικάθισμα με το ένα πόδι πριν την έναρξη αλτικού πλειομετρικού προγράμματος (Φουσέκης 2015).

Επιπλέον πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή σε άτομα με υψηλό δείκτη μάζας σώματος καθώς όσο βαρύτερος είναι ο ασθενής, τόσο μεγαλύτερες είναι οι απαιτήσεις της προπόνησης. Ένα επιτόπιο άλμα που θα ήταν χαμηλών απαιτήσεων για έναν ελαφρύ ασθενή μπορεί να αποτελέσει δραστηριότητα υψηλών απαιτήσεων για έναν υπέρβαρο (Hoogenboom 2014). Άτομα με σωματική μάζα μεγαλύτερη από 90 κιλά πρέπει να ακολουθούν συντηρητικότερο πρόγραμμα πλειομετρικής προπόνησης εκτός αν διαθέτουν εξαιρετική υποδομή. Από την άλλη, ισχνά άτομα με μικρή σωματική μάζα είναι δυνατό να έχουν μειωμένη μυϊκή λειτουργική ικανότητα για να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις του πλειομετρικού προγράμματος. Σε αυτές τις περιπτώσεις, με ιδιαίτερη προσοχή στην εκμάθηση της ορθής τεχνικής, ακολουθώντας την αρχή της προοδευτικότητας, και με στενή επιτήρηση και καθοδήγηση η πλειομετρική προπόνηση μέτριας και χαμηλής έντασης αποτελεί ξεκάθαρα αποδοτική και ασφαλή μέθοδο εκγύμνασης ακόμη και για τα παιδιά (Φουσέκης 2015).

## **2.5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ**

Κατά την έναρξη πλειομετρικού προγράμματος υπάρχουν μερικά χαρακτηριστικά που πρέπει να ληφθούν υπόψιν όπως η ηλικία του συμμετέχοντα, το ιστορικό για πιθανούς τραυματισμούς καθώς και το είδος των τραυματισμών, η κατάλληλη προθέρμανση πριν την πλειομετρική άσκηση, η απαραίτητη δύναμη και η εμπειρία σε προπόνηση αντίστασης (resistance training) (Davies et al. 2015).

Για να είναι ένα πρόγραμμα αποκατάστασης ή βελτίωσης της φυσικής κατάστασης ολοκληρωμένο, θα πρέπει να περιέχει πλειομετρικές ασκήσεις και θα πρέπει να είναι

προσαρμοσμένο στους στόχους του κάθε ασθενή. Απαράβατο κανόνα θα πρέπει να αποτελεί η τήρηση των αρχών της επιβάρυνσης-προοδευτικότητας, της εξατομίκευσης και της εξειδίκευσης. Σύμφωνα με αυτές τις αρχές το σώμα πρέπει να υποβάλλεται σε επιβάρυνση που προοδευτικά αυξάνεται, να λαμβάνονται υπόψιν τα χαρακτηριστικά σωματοδομής, υποδομής, στόχων, ηλικίας ιατρικού ιστορικού κ.λπ. του κάθε αθλητή και τα είδη των ασκήσεων και τα φορτία να προσαρμόζονται στις απαιτήσεις του αθλήματος στο οποίο συμμετέχει ο καθένας (Φουσέκης 2015).

Οι Davies et al. θεωρούν ότι για κάθε ξεχωριστό πατέντο κίνησης που περιλαμβάνεται στην αθλητική δραστηριότητα θα πρέπει να εξασκείται αρχικά απομονωμένα για να δουλέψει κάθε κινηματική αλυσίδα. Έτσι η αθλητική δραστηριότητα διασπάται σε μικρότερα κομμάτια και προπονείται με απομονωμένες κινήσεις στην αρχή, και αργότερα ως ολοκληρωμένη και συντονισμένη κίνηση. Αν ένας μυς δεν μπορεί να λειτουργήσει φυσιολογικά σε απομονωμένη κίνηση, τότε δεν μπορεί να λειτουργήσει φυσιολογικά και σε συνδυασμένη.

Πρέπει να τονιστεί ότι το πλειομετρικό πρόγραμμα δεν είναι σχεδιασμένο ώστε να αποτελεί την αποκλειστική προπόνηση για το άτομο. Αντίθετα θα πρέπει να αποτελεί μέρος ενός καλά δομημένου προπονητικού προγράμματος και να περιλαμβάνει ασκήσεις ενδυνάμωσης και ελαστικότητας, καρδιαγγειακή φυσική κατάσταση και ειδικές για το άθλημα ασκήσεις για την βελτίωση των ικανοτήτων και του συντονισμού. Ο συνδυασμός του πλειομετρικού προγράμματος με άλλες προπονητικές τεχνικές, επιφέρει τα βέλτιστα δυνατά αποτελέσματα (Hoogenboom 2014).

Πριν την έναρξη του πλειομετρικού προγράμματος, θα πρέπει να αξιολογείται ο τύπος του ασθενούς που υποβάλλεται σε αποκατάσταση και η καταλληλότητα των πλειομετρικών ασκήσεων. Κατά κύριο λόγο οι ασκήσεις αυτές θα πρέπει να χρησιμοποιούνται στα μετέπειτα στάδια της αποκατάστασης, κατά την προχωρημένη φάση ενδυνάμωσης και μόνο αφού ο ασθενής έχει αποκτήσει το κατάλληλο βασικό επίπεδο δύναμης. Όταν εφαρμόζεται πλειομετρικό πρόγραμμα στον πληθυσμό χωρίς κάκωση, οι ασκήσεις θα πρέπει να ακολουθούν την αρχή της περιοδικότητας. Η αρχή αυτή αναφέρεται στην ετήσια ακολουθία και πρόοδο των ασκήσεων ενδυνάμωσης, της φυσικής κατάστασης και των ειδικών για κάθε άθλημα ικανοτήτων. Υπάρχουν τέσσερις ειδικές φάσεις σύμφωνα με το μοντέλο της ετήσιας περιοδικότητας: η αγωνιστική περίοδος, η προπόνηση μετά το τέλος της αγωνιστικής περιόδου, η φάση προετοιμασίας και η μεταβατική φάση. Οι πλειομετρικές ασκήσεις θα πρέπει να πραγματοποιούνται στα τελευταία στάδια της φάσης προετοιμασίας και κατά τη μεταβατική φάση ώστε να επιτυγχάνονται τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα με ασφάλεια. Για να έχει επιτυχία το πλειομετρικό πρόγραμμα, το άτομο θα πρέπει να έχει καλή φυσική κατάσταση με επαρκή ισχύ και αντοχή, να επιδεικνύει αθλητικές ικανότητες, να έχει ικανότητες συντονισμού και ιδιοδεκτικότητας και να μην εμφανίζει πόνο λόγω κάκωσης ή άλλης κατάστασης (Hoogenboom 2014).

Πριν την έναρξη των πλειομετρικών ασκήσεων απαιτείται καλή προθέρμανση η οποία αυξάνει την θερμοκρασία και κατά συνέπεια επιδρά θετικά στην ανοχή του κολλαγόνου σε εφελκυστικά φορτία, ενώ παράλληλα βελτιώνει την νευρική αγωγιμότητα, καθιστώντας τον αθλητή πιο προετοιμασμένο για να βρει απαντήσεις σε νευρομυϊκές προκλήσεις. Η παρατεταμένη στατική διάταση δεν ενδείκνυται, αλλά οι ελεγχόμενες βαλλιστικές διατάσεις θεωρούνται οι πλέον κατάλληλες, αφού προσομοιάζουν τις κινήσεις που θα γίνουν κατά την πλειομετρική προπόνηση (Φουσέκης 2015).

Στο πλειομετρικό πρόγραμμα θα πρέπει να χρησιμοποιείται η αρχή της επιβάρυνσης-προοδευτικότητας. Αυτό πραγματοποιείται μέσω τροποποίησης διαφορών παραμέτρων (όπως επαναλήψεις, σετ, βάρος κλπ.). Στο πλειομετρικό πρόγραμμα η ποιότητα της άσκησης είναι πιο σημαντική από την ποσότητα. Για να ενεργοποιηθούν οι ίνες ταχείας συστολής, η ένταση της άσκησης θα πρέπει να πραγματοποιείται σε υψηλά επίπεδα 80-100% της μέγιστης εκούσιας συστολής. Αν κατά την άσκηση η ποιότητα της τεχνικής μειωθεί και δεν είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί ορθά, πιθανότατα οφείλεται σε κόπωση του αθλητή και το πλειομετρικό μέρος του προγράμματος πρέπει να τερματιστεί (Davies et al. 2015). Λόγω του ότι η πλειομετρική προπόνηση είναι αναερόβιας φύσης, θα πρέπει να χρησιμοποιείται μεγαλύτερη περίοδος αποκατάστασης, ώστε να επιτρέπεται η αναπλήρωση των μεταβολικών αποθηκών (Hoogenboom 2014). Σε γενικές γραμμές ο χρόνος ανάπαυσης μεταξύ των 2 σετ προτείνεται να είναι 2-3 λεπτά, και σύμφωνα με τους Chu & Cordier η σχέση μεταξύ έργου-διαλείμματος πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 1:5 και 1:10, δηλαδή για 10 sec αλμάτων πρέπει να μεσολαβεί διάστημα 50-100 sec (Φουσέκης 2015). Μεταξύ των δυο συνεδριών δεν υπάρχουν έρευνες που να υποστηρίζουν τον ιδανικότερο χρόνο ανάπαυσης αλλά οι Davies et al. προτείνουν 48-72 ώρες ξεκούραση μεταξύ των δυο προπονήσεων.

Η επιτυχία του πλειομετρικού προγράμματος έγκειται στο πόσο καλά ελέγχονται και τροποποιούνται οι παράμετροι της προπόνησης. Κατά κανόνα, καθώς αυξάνεται η ένταση της άσκησης, μειώνεται ο όγκος της ενώ αντίθετα όσο αυξάνεται ο όγκος της, η ένταση μειώνεται. Σημαντικός παράγοντας για τον επιτυχή έλεγχο των παραπάνω παραμέτρων είναι να είναι κανείς ευέλικτος και να προσέχει αυτό που έχει να πει το σώμα του ασθενούς. Η αντίδραση του σώματος στο πρόγραμμα είναι αυτή που θα καθορίσει και την ταχύτητα της προόδου. Σε περιπτώσεις που υπάρχει αμφιβολία σχετικά με την ένταση ή τον όγκο της άσκησης είναι ασφαλέστερο να επιλέγονται χαμηλότερα επίπεδα για την αποφυγή τραυματισμών (Hoogenboom 2014).

### **2.5.1 ΑΛΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ**

Πολλοί ερευνητές έχουν δείξει ότι η πλειομετρική προπόνηση μπορεί να βελτιώσει το μέγιστο ύψος σε κάθετα άλματα. Σε αυτές τις έρευνες ακολουθούνται ποικίλα προπονητικά προγράμματα που κυμαίνονται από 6 έως 24 βδομάδων και απευθύνονται σε άτομα προ-εφηβικής ηλικίας, έφηβους και ενήλικους αθλητές (Davies et al 2015). Παρόλα αυτά μερικές έρευνες δεν δείχνουν καμία βελτίωση ή δείχνουν μικρή μείωση στην επίδοση του κάθετου άλματος μετά από πλειομετρική προπόνηση. Η έλλειψη βελτίωσης της επίδοσης μπορεί να οφείλεται σε ανεπαρκή προπονητικά ερεθίσματα (όπως  $\leq 8$  συνεδρίες) ενώ η παρατηρούμενη μείωση σε παράγοντες όπως ο μυϊκός τραυματισμός ή η κόπωση (Markovic & Mikulic 2010). Πράγματι, σε μια από αυτές τις έρευνες παρατηρήθηκε σημαντική (+3%) αύξηση του ύψους του κάθετου άλματος μετά από μικρή περίοδο ανάπαυσης (Luebbbers et al. 2003).

Σε διάφορα αθλήματα επιχειρείται η αξιολόγηση του ύψους του κάθετου άλματος που μπορεί να πραγματοποιήσει το άτομο. Η εκρηκτική κίνηση του κάτω άκρου κατά το κάθετο άλμα μπορεί να θεωρηθεί σημαντικός δείκτης μυϊκής δύναμης τόσο σε άτομα με καθιστικό τρόπο ζωής, σε μερικές ομάδες ασθενών αλλά και σε ελίτ αθλητές. Δεδομένου ότι η μυϊκή ισχύς αποτελεί α) καθοριστικό παράγοντα της επίδοσης των ατόμων και των ομάδων και β) κρίσιμο παράγοντα

της κινητικότητας και λειτουργικής ικανότητας των τραυματισμένων ή ηλικιωμένων ασθενών, επιθυμούνται έγκυρα μέσα αξιολόγησης της επίδοσης του κάθετου άλματος (Buckthorpe et al. 2012).

## 2.5.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΥΨΟΥΣ ΚΑΘΕΤΟΥ ΑΛΜΑΤΟΣ

### ΔΥΝΑΜΟΔΑΠΕΔΟ

Το δυναμοδάπεδο αποτελεί τη πιο γνωστή μέθοδο υπολογισμού της ισχύς. Χρησιμοποιείται λογισμικό υπολογιστή σε κατάλληλες συχνότητες και υπολογίζεται η δύναμη αντίδρασης από το έδαφος κατά την φάση απογείωσης του άλματος. Το δυναμοδάπεδο αν και αποτελεί συνήθως το ιδανικότερο μέσο για τον υπολογισμό του ύψους κάθετου άλματος βρίσκεται σε εργαστήρια όπου το έδαφος είναι κατάλληλο ώστε να ελαχιστοποιούνται οι εξωτερικές δονήσεις και είναι δυσπρόσιτο για τους περισσότερους επαγγελματίες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται εναλλακτικές συσκευές εκτός του εργαστηρίου.



Εικόνα 27: Καταγραφή ύψους κατακόρυφου άλματος σε δυναμοδάπεδο ([www.sensorland.com](http://www.sensorland.com))

### CONTACT MAT

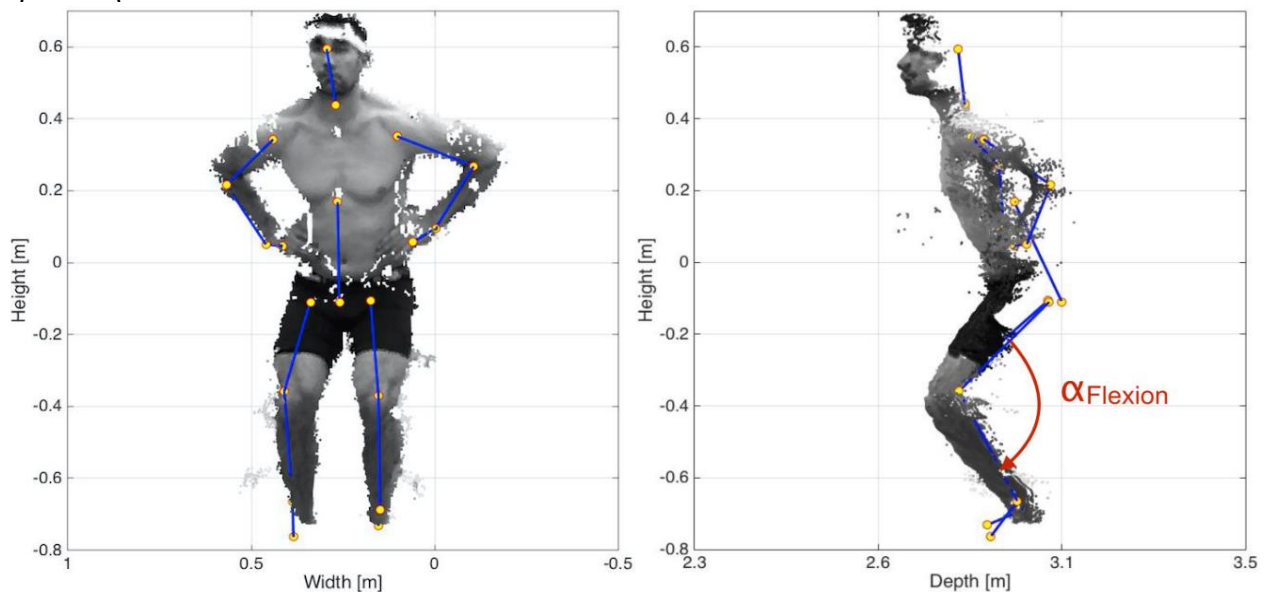
Το contact mat είναι μια πλατφόρμα που περιέχει ενσωματωμένους αισθητήρες πίεσης. Συνδέεται σε ψηφιακό χρονόμετρο το οποίο ενεργοποιείται κατά την απογείωση, όπου απομακρύνεται η πίεση και καταγράφει τον χρόνο μέχρι τη στιγμή της προσγείωσης. Το ύψος του άλματος υπολογίζεται από το χρόνο πτήσης σύμφωνα με την εξίσωση:  $H=(t^2 \times g)/8$  όπου H το ύψος του κέντρου μάζας του σώματος, t ο χρόνος πτήσης και g η επιτάχυνση της βαρύτητας που ισούται με  $g=9,81ms^{-2}$



Εικόνα 28: Καταγραφή ύψους κατακόρυφου άλματος σε contact mat ([www.researchgate.net](http://www.researchgate.net))

## ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΙΝΤΕΟ

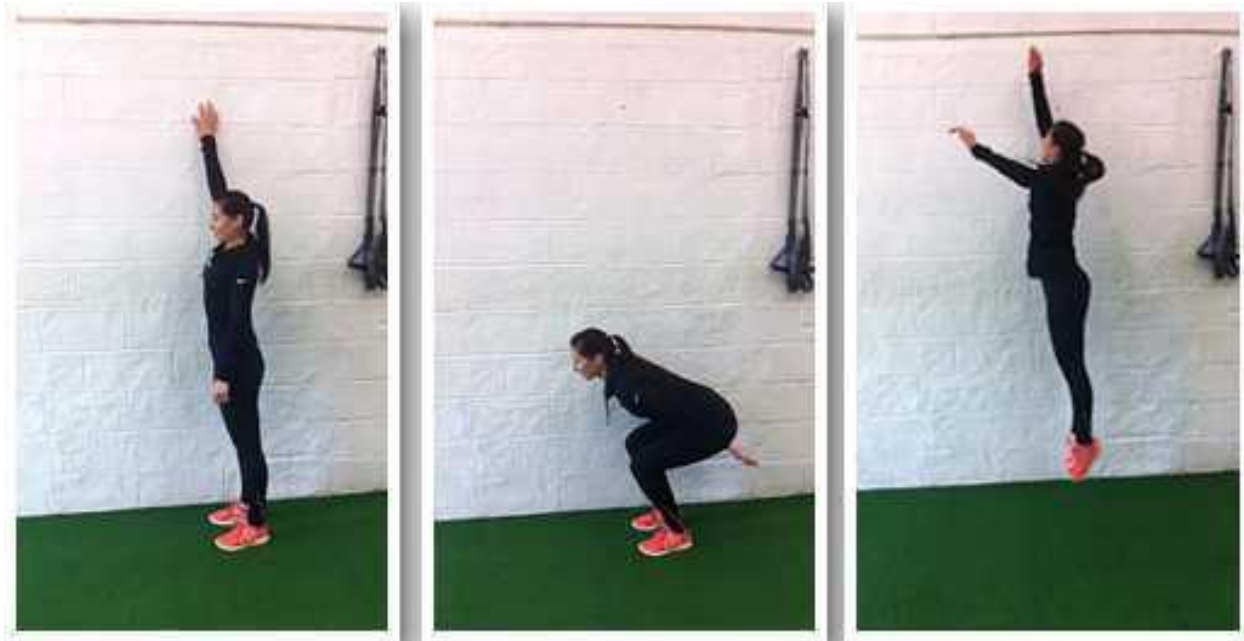
Μέσω της ανάλυσης βίντεο μπορεί να προσδιοριστεί η κάθετη μετατόπιση του κέντρου μάζας του σώματος, από την όρθια στάση στην αιώρηση. Αυτή η μέθοδος απαιτεί ακριβό εξοπλισμό και την τοποθέτηση ανακλαστήρων στο σώμα του ασθενούς που βιντεοσκοπείται κατά την κίνηση του άλματος και αναλύεται με λογισμικό υπολογιστή. Αν και θεωρείται πολύ αξιόπιστη μέθοδος, είναι δαπανηρή και δεν είναι πρακτική.



Εικόνα 29: Καταγραφή ύψους κατακόρυφου άλματος με ανάλυση βίντεο ([www.semanticscholar.org](http://www.semanticscholar.org))

## ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ SARGENT'S

Είναι η πιο γνωστή δοκιμασία υπολογισμού του ύψους κάθετου άλματος γνωστή και ως jump and reach test. Αυτή η μέθοδος είναι απλή και αποτελεσματική με υψηλή εγκυρότητα 0.93 και αξιοπιστία 0.93. Ο ασθενής στέκεται όρθιος με το χέρι τεντωμένο πάνω από το ύψος του κεφαλιού και εκτελεί μέγιστο κάθετο άλμα. Οι ασθενείς έχουν κιμωλία στα χέρια τους και με την εκτέλεση του κάθετου άλματος ακουμπάνε τα χέρια τους σε τοίχο ή πίνακα. Το ύψος υπολογίζεται από την αφαίρεση του σημείου του πίνακα με το ύψος κατά την όρθια θέση από το σημείο του πίνακα με την κιμωλία από το μέγιστο ύψος κατά το άλμα.



Εικόνα 30: Καταγραφή ύψους κατακόρυφου άλματος μέσω της δοκιμασίας Sargent's ([www.homeexerciseequipment.com](http://www.homeexerciseequipment.com))

## ΣΥΣΤΗΜΑ VERTEC

Είναι παραλλαγή της δοκιμασίας Sargent. Αποτελείται από περιστρεφόμενες πλαστικές έλικες τοποθετούμενες σε απόσταση μισής ίντσας μεταξύ τους και συνδέονται με μεταλλικό κοντάρι. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι οι συμμετέχοντες να χρησιμοποιούν το επικρατέστερο χέρι τους για να μετακινήσουν την υψηλότερη δυνατή έλικα κατά το άλμα. Το ύψος υπολογίζεται από την

υψηλότερη έλικα που έχει μετακινηθεί και μετατρέπεται από ίντσες σε εκατοστά.



Εικόνα 31: Καταγραφή ύψους κατακόρυφου άλματος μέσω του συστήματος Vertec ([www.bsnsports.com](http://www.bsnsports.com))

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο**

### **ΜΕΘΟΔΟΣ**

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν ο έλεγχος της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας της πλατφόρμας Chronojump στην κλινική αξιολόγηση του κάτω άκρου και συγκεκριμένα στο μονοποδικό πρόσθιο και μονοποδικό κατακόρυφο άλμα. Παρακάτω αναλύεται το πρόγραμμα συνεδρίας που ακολουθήθηκε από τους συμμετέχοντες.

#### **3.1. ΔΕΙΓΜΑ**

Ο αρχικός αριθμός των ατόμων που συμμετείχαν στην έρευνα ήταν 44, όμως ένα άτομο δεν κατάφερε να ολοκληρώσει τις συνεδρίες και αποχώρησε για προσωπικούς λόγους και ένα ακόμη άτομο αποκλείστηκε καθώς δεν τηρούσε τις απαραίτητες οδηγίες και προϋποθέσεις. Ο τελικός αριθμός των συμμετεχόντων ήταν 42, με τις 23 να είναι γυναίκες και τους 19 άντρες, ηλικίας από 19 έως 23 ετών. Όλοι οι συμμετέχοντες ήταν φοιτητές της σχολής ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας παράρτημα Αιγίου και όλες οι μετρήσεις διεξήχθησαν στον χώρο του ΤΕΙ Αιγίου. Όλοι οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν πλήρως για τον σκοπό και την διαδικασία της έρευνας πριν αυτή ξεκινήσει. Απαραίτητα κριτήρια που πρέπει να τηρούσαν τα άτομα για την συμμετοχή τους στην έρευνα ήταν τα παρακάτω:

- ✓ Να μην φέρουν ιστορικό τραυματισμού το τελευταίο 6μηνο.
- ✓ Να μην έρχονται στις συνεδρίες καταπονημένοι και κουρασμένοι.
- ✓ Να ακολουθούν τις ίδιες διαδικασίες πριν την ημέρα της μέτρησης.
- ✓ Να έρχονται στις συνεδρίες την ίδια ώρα κάθε φορά.

#### **3.2. ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ**

Για την διεκπεραίωση της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν: ηλεκτρονική ζυγαριά, δύο μεζούρες, ερωτηματολόγιο πλευρίωσης των κάτω άκρων Waterloo, στατικό ποδήλατο, hop test-δοκιμασία αναπήδησης, ένα μέτρο μήκους τριών μέτρων για την καταγραφή της απόστασης και η πλατφόρμα Chronojump συνδεδεμένη σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

#### **3.3 CHRONOJUMP**

Η πλατφόρμα Chronojump συνδέεται μέσω καλωδίου με τον αποκωδικοποιητή Chronopic, και ο αποκωδικοποιητής συνδέεται μέσω καλωδίου USB με τον υπολογιστή για την μεταφορά των δεδομένων. Στον υπολογιστή πρέπει να υπάρχει η αντίστοιχη εφαρμογή για την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Το λογισμικό του Chronojump είναι διαθέσιμο και στα ελληνικά ενώ η λήψη είναι δωρεάν. Επίσης, λειτουργεί με συστήματα Windows, OSX και Linux. Η λήψη του γίνεται δωρεάν μέσω διαδικτύου στην σελίδα <http://chronojump.org/software.html>.





**Εικόνα 32: Ηλεκτρονικός τάπητας ChronoJump (αριστερά) Λογισμικό ChronoJump (δεξιά) ([www.chronojump.org](http://www.chronojump.org))**

Απαραίτητος εξοπλισμός για την πραγματοποίηση των μετρήσεων είναι: ο ηλεκτρονικός τάπητας ChronoJump, το λογισμικό ChronoJump και ο αποκωδικοποιητής Chronopic. Το Chronopic είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα που χρησιμοποιείται από την ChronoJump για να ανιχνεύσει τη δοκιμασία που έγινε στην πλατφόρμα ChronoJump. Για την σύνδεση του αποκωδικοποιητή Chronopic με τον υπολογιστή θα χρειαστεί καλώδιο USB. Για την σύνδεση του αποκωδικοποιητή Chronopic με την πλατφόρμα ChronoJump θα χρειαστεί καλώδιο RCA.



USB cable

RCA cable 1,5 m

**Εικόνα 33: Αποκωδικοποιητής Chronopic (αριστερά) Καλώδιο USB και RCA 1,5m (δεξιά) ([www.chronojump.org](http://www.chronojump.org))**

Στο άνοιγμα του προγράμματος στον υπολογιστή ακολουθεί η επιλογή του τύπου των δοκιμασιών στις οποίες θα εξεταστούν οι συμμετέχοντες (άλμα, στίβος, δύναμη). Συγκεκριμένα στα άλματα εξετάζονται:

Απλά άλματα: το ελεύθερο άλμα, το Squat Jump με ή χωρίς βάρος (SJ/SJI), το Counter Movement Jump με ή χωρίς βάρος (CMJ/CMJI), το Abalakov Jump με ή χωρίς βάρος

(ABK/ABKI), το Drop Jump με ή χωρίς χέρια (DJa/DJna), το Rocket Jump, η ώθηση με ή χωρίς βάρος κατά την οποία καταγράφει μόνο τον χρόνο επαφής.

Επαναλαμβανόμενη εκτέλεση αλμάτων: Επαναλαμβανόμενο άλμα (άλματα) ή επαναλαμβανόμενο άλμα με περιορισμένο αριθμό αλμάτων RJ(j), επαναλαμβανόμενα άλματα (χρόνος) ή επαναλαμβανόμενα άλματα με περιορισμένο χρόνο RJ(t), επαναλαμβανόμενα άλματα χωρίς περιορισμούς RJ(unlimited), άλμα σε εξάγωνο μέχρι να εκτελεστούν τρεις περιστροφές RJ(hexagon), τριπλό άλμα ή τριπλό άλμα ξεκινώντας από κάποιο ύψος, απεριόριστο πολλαπλό άλμα με επιπλέον φορτίο.

Θα πρέπει να έχει γίνει σωστή σύνδεση και ενεργοποίηση του Chronopic στον παράθυρο του υπολογιστή για να πραγματοποιηθεί σωστά ένα άλμα. Σε περίπτωση που ο συμμετέχων δεν εκτελεί σωστά το άλμα, ο εξετάζων θα ειδοποιηθεί μέσω του προγράμματος.

Το Chronojump δημιουργεί το προφίλ ενός αθλητή στο οποίο εμφανίζονται διάφορες μεταβλητές όπως: η μέγιστη ισχύ, η εκρηκτική ισχύ, η ελαστικότητα, η χρήση των χεριών, τα αντανακλαστικά αντίδρασης.

Για κάθε άτομο που θα συμμετάσχει στις δοκιμασίες θα πρέπει να προστεθούν στο πρόγραμμα οι πληροφορίες και τα χαρακτηριστικά του, δηλαδή, η ηλικία, το φύλο, η εθνικότητα, το ύψος, το βάρος, το άθλημα και το επίπεδο. Απαραίτητη είναι η καταγραφή του πλήρους ονόματος του συμμετέχων για την αποφυγή σύγχυσης με ονόματα άλλων συμμετεχόντων. Αφού ολοκληρωθεί αυτή η διαδικασία τότε το άτομο είναι έτοιμο να ξεκινήσει την δοκιμασία.

### **3.4 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑΣ**

Όλες οι συνεδρίες έλαβαν μέρος στο εργαστήριο ανθρώπινης αξιολόγησης και αποκατάστασης στον χώρο του ΤΕΙ Αιγίου όπου υπήρχαν τα κατάλληλα μέσα για την διεξαγωγή της έρευνας, όπως ηλεκτρονική ζυγαριά, επιτοίχιο αναστημόμετρο, στατικό ποδήλατο για προθέρμανση, διπλή γραμμή 7 μέτρων για την διευκόλυνση της μέτρησης της απόστασης one hop test και η πλατφόρμα Chronojump.

Η συνεδρία εξελίχθηκε για όλους τους συμμετέχοντες με την παρακάτω σειρά:

1. Ενημέρωση των εξεταζόμενων για τον σκοπό της έρευνας και την διαδικασία που θα ακολουθήσει.
2. Συμπλήρωση ερωτηματολογίου WFQ-R ελληνικής έκδοσης.
3. Καταγραφή ανθρωπομετρικών μεταβλητών (βάρος, ύψος).
4. Προθέρμανση μέσω στατικού ποδηλάτου για 5 λεπτά και τρέξιμο για 2 λεπτά.
5. Βαλλιστικές διατάσεις.
6. Hop test-πρόσθια αναπήδηση.
7. Κατακόρυφο μονοποδικό άλμα.

## **1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

Τα κατακόρυφα άλματα χρησιμοποιούνται εκτενώς στην βιβλιογραφία ως μέσο παρακολούθησης των αθλητικών επιδόσεων και ως μέσο αξιολόγησης των προπονητικών παρεμβάσεων. Επιπλέον τα κατακόρυφα άλματα έχουν χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση των δυνατοτήτων των εκτεινόντων μυών των κάτω άκρων σε προπόνηση μέγιστης έντασης και επίσης για την εκτίμηση της αναερόβιας ικανότητας. Γι αυτό το λόγο έχουν σχεδιαστεί διάφορα μέσα με σκοπό την μέτρηση του ύψους του κατακόρυφου άλματος εκ των οποίων πολλά δεν είναι πρακτικά, είναι πολύ ακριβά και δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν στον αγωνιστικό χώρο. Σε αυτή την έρευνα χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα Chronojump για την μέτρηση του ύψους του κατακόρυφου άλματος με σκοπό να αξιολογηθεί η εγκυρότητα και η αξιοπιστία της πλατφόρμας.

## **2. ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΩ ΑΚΡΩΝ**

Για την πλευρική επικράτηση των κάτω άκρων χρησιμοποιήθηκε η ελληνική έκδοση του ερωτηματολογίου Waterloo Footedness Questionnaire Revised (WFQ-R). Σκοπός του ερωτηματολογίου είναι να αξιολογήσει την προτίμηση του ποδιού που χρησιμοποιείται σε δραστηριότητες κινητικότητας (όπως η κλοτσιά μιας μπάλας, ή να σηκώσει ένα αντικείμενο από το έδαφος) και την προτίμηση της χρησιμοποίησης του ενός κάτω άκρου για την διασφάλιση στήριξης κατά την διεξαγωγή μιας δραστηριότητας (όπως μονοποδική στήριξη ισορροπώντας πάνω στην ράγα του σιδηροδρόμου). Τα ερωτήματα 1,3,5,7 και 9 αναφέρονται σε δραστηριότητες κινητικότητας και αποδίδουν την βαθμολογία πλευρίωσης της κίνησης WFQ<sub>M</sub> ενώ τα ερωτήματα 2,4,6,8 και 10 αναφέρονται σε δραστηριότητες διατήρησης της ισορροπίας και αποδίδουν την βαθμολογία πλευρίωσης σταθεροποίησης WFQ<sub>S</sub>. Σε κάθε ερώτηση οι απαντήσεις που μπορούν να δοθούν είναι: πάντα αριστερό (που βαθμολογείται με -2), συνήθως αριστερό (-1), εξίσου και τα δύο (0), συνήθως δεξί (+1) και πάντα δεξί (+2), με το WFQ<sub>M</sub> και το WFQ<sub>S</sub> να παίρνουν τιμές από -10 έως +10 το καθένα. Άτομα τα οποία έχουν WFQ<sub>TOTAL</sub> θετικό άθροισμα θεωρούνται άτομα με δεξιά πλευρίωση κάτω άκρου, ενώ άτομα τα οποία έχουν συνολικό αρνητικό άθροισμα απαντήσεων θεωρούνται άτομα με αριστερή πλευρίωση κάτω άκρου.

Οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο με την διακριτική παρουσία των ερευνητών, από τους οποίους ζητούσαν βοήθεια μόνο για την επεξήγηση κάποιας ερώτησης και χωρίς να επηρεάζονται για τις απαντήσεις τους. Οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου ήταν κατανοητές σε όλους τους συμμετέχοντες ενώ η συμπλήρωση του δεν ξεπερνούσε σε διάρκεια τα 5 λεπτά.

## **3. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ**

Για την καταγραφή του σωματικού βάρους χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονική ζυγαριά. Οι συμμετέχοντες είχαν αφαιρέσει τα υποδήματά τους και φορούσαν τα ρούχα τους.

Για την καταγραφή του ύψους χρησιμοποιήθηκαν δύο μεζούρες για την δημιουργία επιτοίχιου αναστημόμετρου ενώ οι συμμετέχοντες δε φορούσαν υποδήματα. Το ύψος καταγράφηκε για κάθε άτομο μέχρι το δεύτερο δεκαδικό ψηφίο.

#### **4. ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗ**

Οι εξεταζόμενοι αρχίζουν το πρόγραμμα με προθέρμανση σε στατικό ποδήλατο για 5 λεπτά και χαλαρό τρέξιμο εντός του εργαστηρίου για άλλα 2 λεπτά με σκοπό την καλή προετοιμασία και πρόληψη τραυματισμών. Στη συνέχεια εκτελούν βαλλιστικές διατάσεις στον κορμό και στα κάτω άκρα καθώς προσομοιάζουν τις κινήσεις που θα γίνουν κατά την πλειομετρική προπόνηση,

#### **5. ΒΑΛΛΙΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΣΕΙΣ**

Η βαλλιστική διάταση έχει συσχετιστεί με αυξημένη απόδοση κυρίως σε αθλήματα που απαιτούν δυναμική ευκαμψία, όπως σε αθλήματα με έντονη την χρήση των αλμάτων και στη γυμναστική. Τα καλύτερα αποτελέσματα είναι εμφανή στην αύξηση της δύναμης, ισχύος, ταχύτητας και επιδεξιότητας ιδιαίτερα όταν η εφαρμογή της βαλλιστικής διάτασης γίνεται λίγο πριν την εκτέλεση της αθλητικής δραστηριότητας. Παρόλα αυτά μπορεί να επιδράσει και αρνητικά στην ταχύτητα και την επιδεξιότητα στην περίπτωση των παρατεταμένων διατάσεων καθώς μπορεί να επέλθει κόπωση στον αθλητή.



**Εικόνα 34: Βαλλιστικές διατάσεις καμπτήρων και εκτεινόντων του ισχίου**



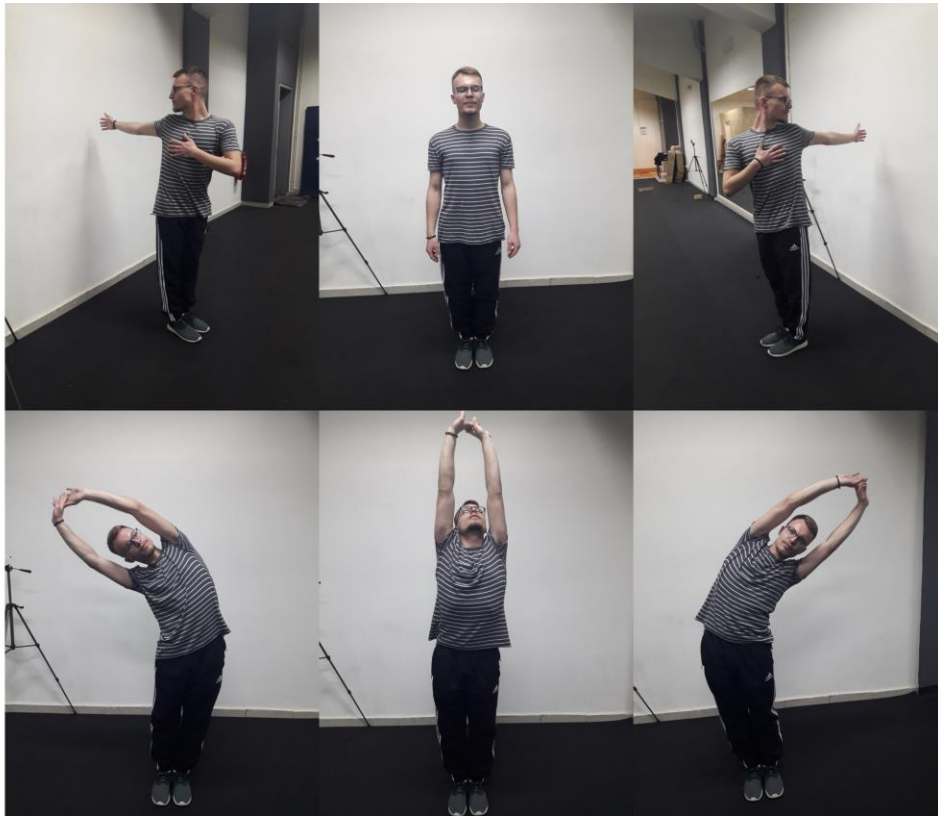
**Εικόνα 35: Βαλλιστικές διατάσεις των εκτεινόντων του ισχίου με έμφαση στον δικέφαλο μηριαίο**



**Εικόνα 36: Βαλλιστικές διατάσεις προσαγωγών του ισχίου**



**Εικόνα 37: Βαλλιστικές διατάξεις της ποδοκνημικής**



**Εικόνα 38: Βαλλιστικές διατάξεις του κορμού**

## 6. HOP TEST – ΠΡΟΣΘΙΑ ΑΝΑΠΗΔΗΣΗ

Σύμφωνα με τους Kockum & Heijne οι δοκιμασίες πρόσθιας αναπήδησης χρησιμοποιούνται εκτενώς για την αξιολόγηση αθλητικής επίδοσης σε υγιείς αθλητές και ύστερα από διάφορες παρεμβάσεις (Hewitt et al. 1996; Paterno et al., 2010), ειδικά σε αθλήματα που περιλαμβάνουν αλλαγές κατεύθυνσης (Itoh et al. Yoshiya, 1998).

Οι Ros et al. αναφέρουν ότι η δοκιμασία πρόσθιας αναπήδησης είναι εύκολο να πραγματοποιηθεί και δεν απαιτεί ακριβό εξοπλισμό. Χρησιμοποιείται συνήθως για την αξιολόγηση της λειτουργικής ικανότητας πριν την επιστροφή στον αγωνιστικό χώρο, μετά από την αποκατάσταση σε τραυματισμό του κάτω άκρου. Αναπαιστικά μια δραστηριότητα με υψηλές απαιτήσεις στο μυϊκό σύστημα του κάτω άκρου για να πραγματοποιηθεί η απαραίτητη κίνηση στο γόνατο και να παραχθεί η απαραίτητη δύναμη κατά την στιγμή της απογείωσης (Rudolph et al., 2000). Οι δοκιμασίες αυτές έχουν σχεδιαστεί κυρίως για να προσομοιάζουν τις φυσικές δραστηριότητες τόσο στα αθλήματα όσο και στην καθημερινότητα (Ostenberg et al. 1998) και απαιτούν διάφορες φυσικές ικανότητες όπως δύναμη, έλεγχο της στάσης του σώματος και συντονισμό μυών και αρθρώσεων. Η δοκιμασία μονοποδικής πρόσθιας αναπήδησης έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα αξιολόγησης-επαναξιολόγησης (Ageberg, E et al. 1998), και είναι μία από τις πιο συχνές δοκιμασίες για αξιολόγηση της λειτουργικής ικανότητας σε ασθενείς στη φάση αποκατάστασης, ειδικά μετά από τραυματισμό ή χειρουργείο γόνατος. Η δοκιμασία μονοποδικής πρόσθιας αναπήδησης αντικατοπτρίζει διάφορα θεμελιώδη χαρακτηριστικά όπως τη δύναμη υπό την έννοια της ισχύς κατά την φάση απογείωσης, τη νευρομυϊκή ισορροπία και τον έλεγχο της στάσης, παράμετροι που φαίνεται ότι επηρεάζονται από την μυϊκή κόπωση και από ασκήσεις αντοχής αερόβιας ικανότητας (Augustsson et al. 2006; Rahnama et al. 2003).

Πριν την έναρξη της δοκιμασίας γινόταν περιγραφή και παρουσίασή της από τον θεραπευτή. Για την πραγματοποίηση της δοκιμασίας ο κάθε συμμετέχον στεκόταν μονοποδικά πίσω από την γραμμή εκκίνησης, με τα χέρια να βρίσκονται στις λαγόνιες ακρολοφίες. Αφού αισθανόταν σίγουρος για την ισορροπία του εκτελούσε ένα μονοποδικό άλμα στη μεγαλύτερη δυνατή απόσταση. Η ίδια διαδικασία πραγματοποιήθηκε τρεις φορές για το εκάστοτε πόδι. Η επιλογή για το πόδι εκκίνησης για τον κάθε εξεταζόμενο ήταν τυχαιοποιημένη. 21 άτομα ξεκίνησαν με το δεξί πόδι και 21 με το αριστερό. Η καταγραφή της απόστασης που διένυσε ο εξεταζόμενος έγινε με μέτρο από την γραμμή εκκίνησης έως τη μύτη του παπουτσιού από το τελικό σημείο που έμεινε σταθερός. Λόγοι για τους οποίους το άλμα δεν γινόταν αποδεκτό:

- Τα χέρια απομακρυνόντουσαν από τις λαγόνιες ακρολοφίες.
- Η προσγείωση γινόταν αποκλειστικά στις μύτες του παπουτσιού, με την φτέρνα να μην ακουμπά καμία στιγμή στο έδαφος.
- Ο εξεταζόμενος μετά την προσγείωση ταλαντευόταν και δεν ήταν σταθερός.
- Ο εξεταζόμενος δεν κατάφερε να διατηρήσει την τελική θέση.



Εικόνα 39: Δοκιμασία πρόσθιας αναπήδησης. Θέση έναρξης (αριστερά) Τελική θέση (δεξιά)

## 7. ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΟ ΑΛΜΑ

Η καταγραφή του ύψους του κατακόρυφου μονοποδικού άλματος έγινε με την πλατφόρμα Chronojump. Ο συμμετέχων στεκόταν μονοποδικά πάνω στην πλατφόρμα με τα χέρια κολλημένα στις λαγόνιες ακρολοφίες και όταν δινόταν το κατάλληλο παράγγελμα εκτελούσε τρία συνεχόμενα εκρηκτικά άλματα μέγιστης προσπάθειας στο μικρότερο δυνατό χρόνο. Η ίδια διαδικασία πραγματοποιήθηκε και για τα δύο κάτω άκρα με πόδι εκκίνησης το ίδιο με το hop test, δηλαδή εκείνο που είχε καθοριστεί από την τυχαιοποιημένη διαδικασία που είχε προηγηθεί. Πριν την εκτέλεση της δοκιμασίας από τον εξεταζόμενο, γινόταν περιγραφή και παρουσίασή της από τον θεραπευτή. Για να θεωρούνταν το άλμα έγκυρο θα έπρεπε:

- Τα χέρια να παρέμεναν στις λαγόνιες ακρολοφίες καθ' όλη την διάρκεια της δοκιμασίας.
- Η προσγείωση του εκάστοτε άλματος να γινόταν εντός της πλατφόρμας.
- Η προσγείωση να γινόταν αποκλειστικά με το εξεταζόμενο άκρο.
- Ο εξεταζόμενος να παρέμενε σταθερός στην τελική θέση.





**Εικόνα 40: Κατακόρυφο μονοποδικό άλμα. Θέση έναρξης (αριστερά) Φάση αιώρησης (δεξιά)**

### 3.5 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ

Τα δεδομένα υπολογίστηκαν όσον αφορά τα περιγραφικά τους στοιχεία με τη χρήση του υπολογιστικού προγράμματος spss 13.

Η αξιοπιστία εσωτερικής συνέπειας των μετρήσεων ενός εργαλείου-εξοπλισμού αναφέρεται στο βαθμό στον οποίο οι μετρήσεις που μετρούν τις ίδιες μεταβλητές παρουσιάζουν υψηλή συνοχή ή συσχέτιση, τόσο μεταξύ τους όσο και με το χαρακτηριστικό αυτό. Η εκτίμηση της αξιοπιστίας αυτής της μορφής πραγματοποιήθηκε με τον δείκτη αξιοπιστίας  $\alpha$  του Cronbach.

Ο υπολογισμός του δείκτη αξιοπιστίας συνοδεύτηκε από τη χρήση του δείκτη **Intraclass Correlation Coefficient** για την περαιτέρω ενίσχυση των υπολογισμών αξιολόγησης της αξιοπιστίας των μετρήσεων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζονται τα περιγραφικά στοιχεία της έρευνας

Πίνακας 4.1 . Περιγραφικά στοιχεία (Μέσες τιμές-τυπικές αποκλίσεις) του μονοποδικού άλματος για απόσταση και για τα δύο κάτω άκρα και για τις 3 συνθήκες μέτρησης (3 μέρες)

	Me an	Std. Deviation	N
ΗΜΕΡΑ1 ΑΠΟΣΤΑΣ Η ΔΕΞΙ	3,8 87 4	16,88123	43
ΗΜΕΡΑ1 ΑΠΟΣΤΑΣ Η ΑΡ	3,7 47 2	16,27860	43
ΗΜΕΡΑ2 ΑΠΟΣΤΑΣ Η ΔΕΞΙ	1,6 18 6	1,48306	43
ΗΜΕΡΑ2 ΑΠΟΣΤΑΣ Η ΑΡΙΣΤΕΡ	3,7 74 2	15,80625	43
ΗΜΕΡΑ3 ΑΠΟΣΤΑΣ Η ΔΕΞΙ	3,9 45 1	16,40376	43
ΗΜΕΡΑ3 ΑΠΟΣΤΑΣ Η ΑΡΙΣΤΕΡ	3,8 67 9	16,10375	43

Στον πίνακα 4.2 και 4.3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αξιολόγησης της αξιοπιστίας των μονοποδικών αλμάτων για απόσταση όταν αξιολογήθηκαν όλα μαζί. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα δείχνουν τιμή του δείκτη  $\alpha$  του Cronbach ήταν 0,96 και του **Intraclass Correlation Coefficient** ήταν 0,83 ( $p=0,00$ ) που υποδεικνύει υψηλή αξιοπιστία, με την έννοια της εσωτερικής συνέπειας, της υποκλίμακας.

Πίνακας 4.2 Δείκτης  $\alpha$  του Cronbach για τα μονοποδικά άλματα για απόσταση

**Reliability Statistics**

Cronbach's Alpha	N of Items
,968	6

Πίνακας 4.3. Υπολογισμός του **Intraclass Correlation Coefficient**

**Intraclass Correlation Coefficient**

	Intraclass Correlation <sup>b</sup>	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig
Single Measures	,834 <sup>a</sup>	,761	,895	31,173	42	210	,000
Average Measures	,968 <sup>c</sup>	,950	,981	31,173	42	210	,000

Στον πίνακα 4.4 και 4.5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αξιολόγησης της αξιοπιστίας των μονοποδικών αλμάτων για απόσταση όταν αξιολογήθηκε το αριστερό άκρο. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα δείχνουν τιμή του δείκτη  $\alpha$  του Cronbach ήταν 1 και του **Intraclass Correlation Coefficient** ήταν 0,834 ( $p=0,00$ ) που υποδεικνύει υψηλή αξιοπιστία, με την έννοια της εσωτερικής συνέπειας, της υποκλίμακας.

Πίνακας 4.4 Δείκτης  $\alpha$  του Cronbach για τα μονοποδικά άλματα για απόσταση (αριστερό άκρο)

**Reliability Statistics**

Cronbach's Alpha	N of Items
1,000	3

Πίνακας 4.5. Υπολογισμός του **Intraclass Correlation Coefficient** (αριστερό κάτω άκρο)

### Intraclass Correlation Coefficient

	Intraclass Correlation <sup>b</sup>	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig
Single Measures	,834 <sup>a</sup>	,761	,895	31,173	42	210	,000
Average Measures	,968 <sup>c</sup>	,950	,981	31,173	42	210	,000

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.

b. Type C intraclass correlation coefficients using a consistency definition-the between-measure variance is excluded from the denominator variance.

c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Στον πίνακα 4.6 και 4.7 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αξιολόγησης της αξιοπιστίας των μονοποδικών αλμάτων για απόσταση όταν αξιολογήθηκε το δεξιό άκρο. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα δείχνουν τιμή του δείκτη α του Cronbach ήταν 0.80 και του **Intraclass Correlation Coefficient** ήταν 0,80 (p=0,00) που υποδεικνύει υψηλή αξιοπιστία, με την έννοια της εσωτερική συνέπειας, της υποκλίμακας.

Πίνακας 4.6 Δείκτης α του Cronbach για τα μονοποδικά άλματα για απόσταση (δεξιό άκρο)

#### Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,809	3

Πίνακας 4.7. Υπολογισμός του **Intraclass Correlation Coefficient** (δεξί κάτω άκρο)

### Intraclass Correlation Coefficient

	Intraclass Correlation <sup>b</sup>	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig

Single Measures	,586 <sup>a</sup>	,418	,730	5,240	42	84	,000
Average Measures	,809 <sup>c</sup>	,683	,890	5,240	42	84	,000

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.

b. Type C intraclass correlation coefficients using a consistency definition-the between-measure variance is excluded from the denominator variance.

c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Στον πίνακα 4.8 παρουσιάζονται τα περιγραφικά στοιχεία της έρευνας όσον αφορά το μέγιστο ύψος και την μέγιστη ισχύ των αλμάτων

Πίνακας 4.8 . Περιγραφικά στοιχεία (Μέσες τιμές-τυπικές αποκλίσεις) του μέγιστου ύψους και μέγιστης ισχύος των αλμάτων και για τα δύο κάτω άκρα και για τις 3 συνθήκες μέτρησης (3 μέρες)

	Mean	Std. Deviation	N
ΗΜΕΡΑ1 ΜΕΓ.ΥΨΟΣ ΔΕ	12,6930	3,46049	43
ΗΜΕΡΑ1 ΜΕΓ.ΙΣΧΥΣ ΔΕ	504,3140	138,17174	43
ΗΜΕΡΑ1 ΜΕΓ. ΥΨΟΣ ΑΡ	12,5766	3,56289	43
ΗΜΕΡΑ1 ΜΕΓ. ΙΣΧΥΣ ΑΡ	531,1535	159,47458	43
ΗΜΕΡΑ2 ΜΕΓ. ΥΨΟΣ ΔΕ	13,2430	3,78830	43
ΗΜΕΡΑ 2 ΜΕΓ. ΙΣΧΥΣ ΔΕ	540,7535	159,85841	43

ΗΜΕΡΑ2 ΜΕΓ. ΥΨΟΣ ΑΡ	12,9167	3,48896	43
ΗΜΕΡΑ 2 ΜΕΓ. ΙΣΧΥΣ ΑΡ	540,9116	161,85564	43
ΗΜΕΡΑ 3 ΜΕΓ. ΥΨΟΣ ΔΕ	13,2530	3,73972	43
ΗΜΕΡΑ 3 ΜΕΓ. ΙΣΧΥΣ ΔΕ	539,3047	162,57619	43
ΗΜΕΡΑ 3 ΜΕΓ. ΥΨΟΣ ΑΡ	13,1949	3,78327	43
ΗΜΕΡΑ 3 ΜΕΓ. ΙΣΧΥΣ ΑΡ	560,5000	179,33645	43

Στον πίνακα 4.9 και 4.10 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αξιολόγησης της αξιοπιστίας των αλμάτων όσον αφορά το μέγιστο ύψος και τη μέγιστη ισχύ τους όταν αξιολογήθηκαν και τα δύο άκρα μαζί. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα δείχνουν τιμή του δείκτη  $\alpha$  του Cronbach ήταν 0.88 και του **Intraclass Correlation Coefficient** ήταν 0,89 ( $p=0,00$ ) που υποδεικνύει υψηλή αξιοπιστία, με την έννοια της εσωτερική συνέπειας, της υποκλίμακας.

Πίνακας 4.9 Δείκτης  $\alpha$  του Cronbach για τα μονοποδικά άλματα για το μέγιστο ύψος και τη μέγιστη ισχύ (και τα δυο άκρα)

#### Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,886	12

Πίνακας 4.10. Υπολογισμός του **Intraclass Correlation Coefficient** (και τα δύο κάτω άκρα)

#### Intraclass Correlation Coefficient

	Intraclass Correlation <sup>b</sup>	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig
Single Measures	,393 <sup>a</sup>	,287	,527	8,763	42	462	,000

Average Measures	,886 <sup>c</sup>	,828	,930	8,763	42	462	,000
------------------	-------------------	------	------	-------	----	-----	------

Στον πίνακα 4.11 και 4.12 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αξιολόγησης της αξιοπιστίας των αλμάτων όσον αφορά το μέγιστο ύψος όταν αξιολογήθηκαν και τα δύο άκρα μαζί. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα δείχνουν τιμή του δείκτη α του Cronbach ήταν 0.97 και του **Intraclass Correlation Coefficient** ήταν 0,85 (p=0,00) που υποδεικνύει υψηλή αξιοπιστία, με την έννοια της εσωτερικής συνέπειας, της υποκλίμακας.

Πίνακας 4.11 Δείκτης α του Cronbach για τα μονοποδικά άλματα για το μέγιστο ύψος (και τα δυο άκρα)

#### Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,971	6

Πίνακας 4.12. Υπολογισμός του **Intraclass Correlation Coefficient** (ύψος αλμάτων και για τα δύο κάτω άκρα)

#### Intraclass Correlation Coefficient

	Intraclass Correlation <sup>b</sup>	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig
Single Measures	,850 <sup>a</sup>	,783	,905	35,046	42	210	,000
Average Measures	,971 <sup>c</sup>	,956	,983	35,046	42	210	,000



Στον πίνακα 4.13 και 4.14 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αξιολόγησης της αξιοπιστίας των αλμάτων οσον αφορά τη μέγιστη ισχύ των αλμάτων όταν αξιολογήθηκαν και τα δύο άκρα μαζί. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα δείχνουν τιμή του δείκτη α του Cronbach ήταν 0.96 και του **Intraclass Correlation Coefficient** ήταν 0,82 (p=0,00) που υποδεικνύει υψηλή αξιοπιστία, με την έννοια της εσωτερικής συνέπειας, της υποκλίμακας.

Πίνακας 4.13 Δείκτης α του Cronbach για τα μονοποδικά άλματα για τη μέγιστη ισχύ των αλμάτων (και τα δυο άκρα)

<b>Reliability Statistics</b>	
Cronbach's Alpha	N of Items
,967	6

Πίνακας 4.12. Υπολογισμός του **Intraclass Correlation Coefficient** (ισχύς και τα δύο κάτω άκρων)

	<b>Intraclass Correlation Coefficient</b>						
	Intraclass Correlation <sup>b</sup>	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig
Single Measures	,829 <sup>a</sup>	,755	,892	30,179	42	210	,000
Average Measures	,967 <sup>c</sup>	,949	,980	30,179	42	210	,000

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5°

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αξιοπιστία είναι το πρώτο χαρακτηριστικό που θα πρέπει να διαθέτει ένα εργαλείο μέτρησης και αναφέρεται στη σταθερότητα που εμφανίζει σε διαδοχικές μετρήσεις. Ένα εργαλείο μέτρησης θεωρείται αξιόπιστο όταν σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε ίδιο δείγμα και σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, εμφανίζει σταθερά τα ίδια αποτελέσματα, εκτός εάν έχει συμβεί μια σημαντική αλλαγή μεταξύ των μετρήσεων. Επίσης, ένα όργανο μέτρησης θεωρείται αξιόπιστο στο βαθμό που είναι απαλλαγμένο από το τυχαίο σφάλμα.

Στατιστικά, η αξιοπιστία εκτιμάται με το συντελεστή συσχέτισης  $r$  (correlation coefficient). Ο συντελεστής συσχέτισης ( $r$ ) κυμαίνεται από την τιμή 0 σύμφωνα με την οποία το εργαλείο μέτρησης δεν είναι αξιόπιστο, μέχρι την τιμή 1.0 που δείχνει τη μέγιστη αξιοπιστία. Όσο ο συντελεστής συσχέτισης προσεγγίζει την τιμή 1.0 ( $r=1.0$ ) τόσο μεγαλύτερη αξιοπιστία θεωρείται ότι διαθέτει ένα όργανο μέτρησης. Ως αποδεκτό επίπεδο αξιοπιστίας θεωρείται ο συντελεστής συσχέτισης  $r \geq 0.70$

Χρησιμοποιούνται διάφορα είδη αξιοπιστίας ενός οργάνου μέτρησης. Το πιο σύνηθες είδος αξιοπιστίας είναι των επαναληπτικών μετρήσεων. Για να διαπιστωθεί εάν ένα εργαλείο μέτρησης διαθέτει σταθερότητα αναφορικά με τις μετρήσεις, χρησιμοποιείται η αξιοπιστία επαναληπτικών μετρήσεων ή ο έλεγχος-επανελέγχος (test-retest reliability). Συγκεκριμένα, ένα εργαλείο μέτρησης χρησιμοποιείται σε ένα δείγμα (έλεγχος, test) που έχει επιλεγεί και σε ένα διάστημα χρόνου που μεσολαβεί επαναχορηγείται στο ίδιο ακριβώς δείγμα (επανελέγχος, retest) και κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Ο βαθμός αξιοπιστίας είναι ο συντελεστής  $r$ , ο οποίος προκύπτει από τη συσχέτιση των δύο βαθμολογιών (scores) που προέρχονται από τις δύο μετρήσεις. Επισημαίνεται ότι η χρονική απόσταση από τη μία μέτρηση στην άλλη (test-retest) δε θα πρέπει να είναι μεγάλη, διαφορετικά, δε θα εκτιμηθεί η σταθερότητα του εργαλείου μέτρησης.

Αξιοπιστία εσωτερικής συνοχής χρησιμοποιείται για να μετρήσει την αξιοπιστία σε εργαλεία μέτρησης. Μπορεί να εφαρμοστεί όχι μόνο σε μία πρόταση (item) ή σε μία υποκλίμακα, αλλά και στο σύνολο του εργαλείου που μετράει την ίδια έννοια (μεταβλητή). Η αξιοπιστία εσωτερικής συνοχής (internal consistency) είναι ένας δείκτης που φανερώνει κατά πόσο διαφορετικές προτάσεις (items) μετρούν την ίδια έννοια (μεταβλητή). Η αξιοπιστία εσωτερικής συνοχής τόσο σε μια υποκλίμακα, όσο και σε ολόκληρη κλίμακα εκτιμάται με το συντελεστή Cronbach's alpha που δείχνει την ομοιογένεια μιας κλίμακας. Για να θεωρείται αποδεκτή η τιμή του Cronbach's alpha θα πρέπει να είναι  $>0.7$ . Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του συντελεστή Cronbach's alpha τόσο μεγαλύτερη είναι η αξιοπιστία εσωτερικής συνοχής. Όταν ένα εργαλείο μέτρησης εφαρμόζεται για πρώτη φορά σε συγκεκριμένο πληθυσμό, με διαφορετικά πολιτισμικά χαρακτηριστικά και γλώσσα, τότε επιβάλλεται ο έλεγχος της αξιοπιστίας εσωτερικής συνοχής.

Ένα εργαλείο μέτρησης μπορεί να είναι αξιόπιστο αλλά όχι έγκυρο, γι αυτό παράλληλα με την εκτίμηση της αξιοπιστίας μιας κλίμακας ή ενός οργάνου μέτρησης θα πρέπει να ελεγχθεί και η εγκυρότητά του (validity). Συγκεκριμένα, όταν ένα εργαλείο μέτρησης είναι πράγματι έγκυρο,

«αντανακλά» την έννοια (τη μεταβλητή) που προτίθεται ότι μετράει. Ένα εργαλείο μέτρησης θεωρείται έγκυρο όταν έχει χρησιμοποιηθεί επανειλημμένα με επιτυχία σε πληθυσμό για τον οποίο έχει σχεδιαστεί ερευνητικά.

Η αξιοπιστία και η εγκυρότητα των οργάνων μέτρησης είναι καθοριστική για την εξασφάλιση ορθών αποτελεσμάτων από τη διεξαγωγή μιας έρευνας. Όταν χρησιμοποιείται ένα εργαλείο μέτρησης θα πρέπει να ελεγχθεί η αξιοπιστία και η εγκυρότητά του. Όταν δεν αναφέρεται η αξιοπιστία και η εγκυρότητα των οργάνων μέτρησης, τα αποτελέσματα μιας έρευνας είναι αποδεκτά με επιφύλαξη και η μελέτη παρουσιάζει πολλούς περιορισμούς ως προς την ορθότητα των αποτελεσμάτων της.

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η αξιολόγηση της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας της πλατφόρμας Chronojump στην κλινική αξιολόγηση των κάτω άκρων, σε δοκιμασίες πρόσθιας αναπήδησης και κατακόρυφου άλματος. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε δείγμα 42 ατόμων ηλικίας 19-23 ετών σε τρεις μέρες. Η συνολική διάρκεια των μετρήσεων ήταν μία εβδομάδα. Ο πρώτος επανέλεγχος πραγματοποιήθηκε την επόμενη μέρα και ο τελευταίος μετά από μία εβδομάδα. Η κάθε δοκιμασία πραγματοποιήθηκε τρεις φορές στο εκάστοτε πόδι ώστε τα αποτελέσματα να είναι αξιόπιστα. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ισχυρή αξιοπιστία της πλατφόρμας Chronojump για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις. Επομένως το Chronojump αποτελεί αξιόπιστο και έγκυρο εργαλείο μέτρησης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κλινική πράξη.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Barbara J. Hoogenboom, Michael L. Voight, William E. Prentice**, 2014. Φυσικοθεραπευτικές παρεμβάσεις στο μυοσκελετικό σύστημα. Τεχνικές για θεραπευτικές ασκήσεις. Κωνσταντάρας Ιατρικές Εκδόσεις.
2. **Carol A. Oatis**, 2010. Κινησιολογία. Η Μηχανική και η Παθομηχανική της ανθρώπινης κίνησης. Δεύτερη έκδοση. GOTSIS Εκδόσεις.
3. **Joseph Hamill, Kathleen M. Kutzen** 2013. Βασική Βιο-μηχανική της Ανθρώπινης κίνησης. Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
4. **Keith L. Moore, Arthur F. Dalley, Anne M.R. Agur**, 2016. Κλινική Ανατομία. Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
5. **Richard L. Drake, Wayne Vogl, Adam W.M. Mitchell**, 2006. Ανατομία Grey's. Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
6. **Susan J. Hall**, 2005. Εμβιομηχανική. Τέταρτη έκδοση. Επιστημονικές εκδόσεις ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ.
7. **Werner Platzer**, 2009. Εγχειρίδιο Περιγραφικής Ανατομικής. Κινητικό Σύστημα. Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
8. **Σταυρούλα Χ. Γεωργοπούλου**, 2012 Μεθοδολογία Έρευνας και Ανάλυση Δεδομένων στη Λογοπαθολογία – Εφαρμογή στην Τεκμηριωμένη Πρακτική. Κωνσταντάρας Ιατρικές Εκδόσεις.
9. **Τσακλής Π.**, 2000. Γόνατο και ισοκίνηση. Η βιομηχανική της άρθρωσης του γόνατος. Έλεγχος και εξάσκηση με την βοήθεια της ισοκίνησης. University Studio Press. Εκδόσεις επιστημονικών βιβλίων και Περιοδικών.
10. **Φουσέκης Κ.**, 2015. Εφαρμοσμένη Αθλητική Φυσικοθεραπεία. Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.

## ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Adams K, O'Shea JP, O'Shea DL, Climstein M.** The effect of 6 weeks of squat, plyometrics and squatplyometric training on power production. J Appl Sport Sci Res. 1992;6:36-41
2. **Ageberg, E, Zatterstrom R, and Moritz, U.** Stabilometry and one-leg hop test have high test-retest reliability. Scand J Med Sci Sports 8: 198–202, 1998

3. **Akinon Nagano, Yusuke Ishige, Senshi Fukashiro.** Comparison of new approaches to estimate mechanical output of individual joints in vertical jumps. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 15 (2005) 367–376, 1998
4. **Augustsson J, Thomee R, Linden C, Folkesson M, Tranberg R, and Karlsson J.** Single-leg hop testing following fatiguing exercise: Reliability and biomechanical analysis. *Scand J Med Sci Sports* 16: 111–120, 2006.
5. **Bosco C, Komi PV, Ito A.** Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. *Acta Physiol Scand.* 1981;111:135-140.
6. **Bosco C, Komi PV, et al.** Store and recoil of elastic energy in slow and fast types of human skeletal muscles. *Acta Physiol Scand.* 1987;16:343
7. **Brain R. Umberger.** Mechanics of the vertical jump and two-joint muscles implications for training. *Strength and Conditioning: October 1998 - Volume 20 - Issue 5 - ppg 70-74*
8. **Cardinale** Strength and conditioning: biological principles and practical applications  
M Cardinale, R Newton, K Nosaka – 2011
9. **Chimera NJ, Swanik KA, Swanik CB, Straub SJ.** Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes. *J Athl Train.* 2004;39:24-31
10. **Chu D.** *Jumping into Plyometrics.* Champaign, IL: Leisure Press; 1992
11. **Chu DA & Cordier DJ** Plyometrics-Specific applications in orthopaedics. In: *Orthopaedic Physical Therapy Home study course 98-A, Strength and Conditioning Applications In Orthopaedics.* APTA, Inc, LaCrosse, WI
12. **Davies G, Riemann BL, Manske R,** CURRENT CONCEPTS OF PLYOMETRIC EXERCISE. *Int J Sports Phys Ther.* 2015 Nov;10(6):760-86.
13. **Ebben WP.** Complex training: a brief review. *J Sports Sci Med.* 2002;1:42-46
14. **Everett A. Harman, Michael T. Rosenstein, Peter N. Frykman and Richard M. Rosensein.** The effects of arms and counter movement on vertical jumping. *Med Sci Sports Exerc.* 1990 Dec;22(6):825-33.
15. **Fatouros IG, Jamurtas AZ, Leontsini D, et al.** Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *J Strength Cond Res.* 2000;14:470-476
16. **Fletcher IM, Hartwell M.** Effect of an 8-week combined weights and plyometrics training program on golf drive performance. *J Strength Cond Res.* 2004;18:59-62
17. **Giroux C., Rabita G., Chollet D., Guilhem G.** What is the best method for assessing lower limb force-velocity relationship. *Int J Sports Med.* 2015 Feb;36(2):143-9. doi: 10.1055/s-0034-1385886. Epub 2014 Sep 26.

18. **Goran Markovic, Pavle Mikulic.** Neuro-Musculoskeletal and Performance Adaptations to Lower-Extremity Plyometric Training Sports Med 2010; 40 (10): 859-895
19. **Herrero JA, Izquierdo M, Maffiuletti NA, et al.** Electromyostimulation and plyometric training effects on jumping and sprint time. Int J Sports Med 2006 Jul; 27(7):533-9
20. **Hewett TE, Stroupe AL, Nance TA, Noyes FR.** Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques. Am J Sports Med. 1996;24:765-773.
21. **Itoh, H., Kurosaka, M., and Yoshiya, S. (1998).** Evaluation of functional deficits determined by four different hop tests in patients with anterior cruciate ligament deficiency. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 6(4), 241-245
22. **Junichiro Yamauchi, Naokata Ishi.** Relations between force-velocity characteristics of the knee-hip extension movement and vertical jump performance. Journal of Strength and Conditioning Research, 2007, 21(3), 703–709
23. **Kockum B, Heijne AI.** Hop performance and leg muscle power in athletes: Reliability of a test battery. Phys Ther Sport. 2015 Aug;16(3):222-7.
24. **Luebbers PE, Potteiger JA, Hulver MW, et al.** Effects of plyometric training and recovery on vertical jump performance and anaerobic power. J Strength Cond Res 2003 Nov; 17 (4): 704
25. **Matthew Buckthorpe, John Morris, & Jonathan P. Folland.** Validity of vertical jump measurement devices. Journal of Sports Sciences, January 2012; 30(1): 63-69
26. **McLaughlin EJ.** A comparison between two training programs and their effects on fatigue rates in women. J Strength Cond Res. 2001;15:25-29.
27. **Miller MG, Berry DC, Bullard S, et al.** Comparisons of land-based and aquatic-based plyometric programs during an 8-week training period. J Sport Rehabil 2002; 11: 268-83
28. **Myer GD, Ford KR, Palumbo JP, Hewett TE.** Neuromuscular training improves performance and lower-extremity biomechanics in female athletes. J Strength Cond Res. 2005;19:51-60.
29. **Myer GD, Ford KR, Brent JL, Hewett TE.** The effects of plyometric versus dynamic balance training on power, balance and landing force in female athletes. J Strength Cond Res. 2006;20:345-353
30. **Myer GD, Ford KR, McLean SG, Hewett TE.** The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. Am J Sports Med. 2006;34:445-455.
31. **Newton R.U., Kraemer W.J.** Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. Strength and Conditioning, 16, 20-31, 1994

32. **Newton R.U., Kraemer W.J., Hakkinen K.** Effects of ballistic training on preseason preparation of elite volleyball players. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31:323330.
33. **Ostenberg A, Roos E, Ekdahl C, and Roos H.** Isokinetic knee extensor strength and functional performance in healthy female soccer players. *Scand J Med Sci Sports* 8: 257–264, 1998.
34. **Paterno MV, Myer GD, Ford KR, Hewett TE.** Neuromuscular training improves single-limb stability in young female athletes. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2004;34:305-316.
35. **Paterno, M.V., Schmitt, L.C., Ford, K.R., Rauh, M.J., Myer, G.D., Huang, B., and Hewett, T.E. (2010).** Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. *Am J Sports Med*, 38(10), 1968-1978
36. **Prue Cormie, Michael R. McGuigan, Robert U. Newton.** Developing maximal neuromuscular power. *Sports Medicine* 41:17-38 · January 2011
37. **Rahnama, N, Reilly, T, Lees, A, and Graham-Smith, P.** Muscle fatigue induced by exercise simulating the work rate of competitive soccer. *J Sports Sci* 21: 933–942, 2003
38. **Rimmer E, Sleivert G.** Effects of a plyometric intervention program on sprint performance. *J Strength Cond Res.* 2000;14:295-301
39. **Ros AG<sup>1</sup>, Holm SE, Fridén C, Heijne AI.** Responsiveness of the one-leg hop test and the square hop test to fatiguing intermittent aerobic work and subsequent recovery. *J Strength Cond Res.* 2013 Apr;27(4):988-94.
40. **Rudolph KS, Axe MJ, Snyder-Mackler L.** Dynamic stability after ACL injury: who can hop? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2000; 8: 262–269.
41. **Spurrs RW, Murphy AJ, Watsford ML.** The effect of plyometric training on distance running performance. *Eur J Appl Physiol.* 2003;89:1-7.
42. **Swanik KA, Lephart SM, Swanik CB, Lephart SP, Stone DA, Fu FH.** The effects of shoulder plyometric training on proprioception and selected muscle performance characteristics. *J Shoulder Elbow Surg.* 2002;11:579586.
43. **Terese L. Chmielewski, Gregory D. Myer, Douglas Kauffman, Susan M. Tillman,** Plyometric Exercise in the Rehabilitation of Athletes: physiological responses and clinical application. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006 May;36(5):308-19.
44. **Raul F. Reiser II, Erik C. Rocheford, Casey J. Armstrong.** Building a better understanding of basic mechanical principles through analysis of the vertical jump. *Strength and Conditioning Journal:* August 2006
45. **Rehabilitation of Athletes: Physiological Responses and Clinical Application J Orthop Sports Phys Ther.** 2006 May;36(5):308-19.

46. **Toumi H, Best TM, Martin A, F'Guyer S, Poumarat G.** Effects of eccentric phase velocity of plyometric training on the vertical jump. *Int J Sports Med.* 2004;25:391398.
47. **Turner AM, Owings M, Schwane JA.** Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. *J Strength Cond Res* 2003 Feb; 17 (1): 60-7
48. **Villarreal ES, Gonzalez-Badillo JJ, Izquierdo M.** Low and moderate plyometric training frequency produces greater jumping and sprinting gains compared with high frequency. *J Strength Cond Res* 2008 May; 22 (3): 715-25
49. **Wilkerson GB, Colston MA, Short NI, Neal KL, Hoewischer PE, Pixley JJ.** Neuromuscular changes in female collegiate athletes resulting from a plyometric jump-training program. *J Athl Train.* 2004;39:17-23
50. **William J Kraeme, Robert Usher Newton.** Training for muscular power. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* 11:341 · June 2000
51. **Young WB, Wilson GJ, Byrne C.** A comparison of drop jump training methods: effects on leg extensor strength qualities and jumping performance. *Int JSports Med*1999 Jul; 20 (5): 295-303
52. **Χριστίνα Ουζούνη, Κωνσταντίνος Νακάκης.** Η Αξιοπιστία και η Εγκυρότητα των Εργαλείων Μέτρησης σε Ποσοτικές Μελέτες *ΝΟΣΗΛΕΥΤΙΚΗ* 2011, 50(2): 231–239

## ΔΙΑΔΥΚΤΙΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

<http://chronojump.org/en/>

## ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

1. robo-orthopedics.gr
2. pegasus-imathia.gr
3. osc-ortho.com
4. care.gr
5. Hoogenboom, 2014
6. Φουσέκης, 2015
7. sensorland.com
8. researchgate.net
9. semanticscholar.org



10. [homeexerciseequipmenthq.com](http://homeexerciseequipmenthq.com)

11. [bsnsports.com](http://bsnsports.com)

12. [chronojump.org](http://chronojump.org)

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### Ερωτηματολόγιο WFQ-R (Greek) (Ελληνική Έκδοση)

#### ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗΣ

Το ερωτηματολόγιο αυτό έχει συνταχθεί με σκοπό την αξιολόγηση της κλίμακας του κάτω άκρου, δηλαδή ποιο άκρο χρησιμοποιείτε για συγκεκριμένες δραστηριότητες. Παρακαλούμε απαντήστε σε κάθε μια από τις πιο κάτω ερωτήσεις επιλέγοντας μια απάντηση που περιγράφει καλύτερα την χρήση του κάτω άκρου για διάφορες δραστηριότητες. Για κάθε ερώτηση πιθανόν να σας αντιπροσωπεύουν περισσότερες των μία απαντήσεις αλλά παρακαλούμε επιλέξτε **ΜΟΝΟ** την απάντηση που σας αντιπροσωπεύει καλύτερα.

1. Ποιο πόδι θα χρησιμοποιούσες για να κλοτσήσεις μια ακίνητη μπάλα σε έναν στόχο ευθεία μπροστά σου;

-2	Πάντα αριστερό
-1	Συνήθως αριστερό
0	Εξίσου και τα δυο
+1	Συνήθως δεξί
+2	Πάντα δεξί

2. Εάν έπρεπε να σταθείς σε ένα πόδι, ποιο πόδι θα ήταν αυτό;

-2	Πάντα αριστερό
-1	Συνήθως αριστερό
0	Εξίσου και τα δυο
+1	Συνήθως δεξί
+2	Πάντα δεξί

3. Ποιο πόδι θα χρησιμοποιούσες για να στρώσεις την άμμο στην παραλία;

-2	Πάντα αριστερό
-1	Συνήθως αριστερό
0	Εξίσου και τα δυο
+1	Συνήθως δεξί
+2	Πάντα δεξί

4. Εάν έπρεπε να ανέβεις πάνω σε μια καρέκλα, ποιο πόδι θα έβαζες πρώτο πάνω στην καρέκλα;

-2	Πάντα αριστερό
-1	Συνήθως αριστερό
0	Εξίσου και τα δυο
+1	Συνήθως δεξί
+2	Πάντα δεξί

5. Ποιο πόδι θα χρησιμοποιούσες για να πατήσεις ένα γρήγορα κινούμενο έντομο;

-2	Πάντα αριστερό
-1	Συνήθως αριστερό
0	Εξίσου και τα δυο
+1	Συνήθως δεξί
+2	Πάντα δεξί

6. Εάν έπρεπε να ισοροπήσεις στο ένα πόδι πάνω σε μια γραμμή τρένου, ποιο πόδι θα χρησιμοποιούσες;

-2	Πάντα αριστερό
-1	Συνήθως αριστερό
0	Εξίσου και τα δυο
+1	Συνήθως δεξί
+2	Πάντα δεξί

#### WFQ-R-GREEK

Translated into Greek by: Kaprili, E.; Stavridis, G. Billis, Y.; Strimpakos, N.; Athanasopoulos, S.  
Technological Educational Institute (T.E.I.) of Lamia, Department of Physiotherapy, Lamia, Greece  
Sports Physiotherapy Laboratory, Department of Sports Medicine and Biology of Exercise, National & Kapodistrian University of Athens, Greece

7. Εάν ήθελες να σηκώσεις ένα βόλο με τα δάκτυλα του ποδιού σου, ποιο πόδι θα χρησιμοποιούσες;

-2	Πάντα αριστερό
-1	Συνήθως αριστερό
0	Εξίσου και τα δυο
+1	Συνήθως δεξί
+2	Πάντα δεξί

8. Εάν έπρεπε να κάνεις κουτσό με το ένα πόδι, ποιο πόδι θα χρησιμοποιούσες;

-2	Πάντα αριστερό
-1	Συνήθως αριστερό
0	Εξίσου και τα δυο
+1	Συνήθως δεξί
+2	Πάντα δεξί

9. Ποιο πόδι θα χρησιμοποιούσες για να μπορέσεις να κώσεις ένα φτυάρι μέσα στο έδαφος;

-2	Πάντα αριστερό
-1	Συνήθως αριστερό
0	Εξίσου και τα δυο
+1	Συνήθως δεξί
+2	Πάντα δεξί

10. Όταν κάποιος στέκεται όρθιος σε θέση ανάπαυσης, αρχικά βάζει το περισσότερο από το βάρος του σώματός του σε ένα πόδι, αφήνοντας το άλλο ελαφρά λυγισμένο. Σε ποιο πόδι θα έβαζες το περισσότερο βάρος σου πρώτα;

-2	Πάντα αριστερό
-1	Συνήθως αριστερό
0	Εξίσου και τα δυο
+1	Συνήθως δεξί
+2	Πάντα δεξί

#### ΟΔΗΓΙΕΣ ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Το κρωτηματολόγιο αυτό αποτελείται από 10 ερωτήματα στα οποία ο εξεταζόμενος καλείται να απαντήσει προφορικά. Το κάθε ερώτημα αναφέρεται σε μια δραστηριότητα και ο εξεταζόμενος καλείται να απαντήσει εάν την πραγματοποιεί με κάποιο συγκεκριμένο κάτω άκρο. Υπάρχουν 5 είδη απαντήσεων: (α) αριστερό πάντα, (β) αριστερό συνήθως, (γ) και τα δύο, (δ) δεξί συνήθως και (ε) δεξί πάντα, που βαθμολογούνται με μια κλίμακα από το -2 έως το +2 αντίστοιχα. Τα μισά από αυτά τα ερωτήματα (ερωτήματα 1, 3, 5, 7 και 9) αξιολογούν την προτίμηση χρησιμοποίησης του ενός κάτω άκρου για τον επίδημο χειρισμό ενός αντικειμένου (όπως η κλασική μιας υπέλας, η ανύψωση ενός μάρμαρου με το πόδι κλπ) και το άθροισμα των απαντήσεων αποδίδει βαθμολογία πλευρικής κίνησης WFQ<sub>κ</sub> (mobility), λαμβάνοντας τιμές από -10 έως +10. Τα υπόλοιπα ερωτήματα (ερωτήματα 2, 4, 6, 8 και 10) αξιολογούν την προτίμηση χρησιμοποίησης του ενός κάτω άκρου για την διασφάλιση στήριξης κατά τη διεξαγωγή μιας δραστηριότητας (όπως η στάση σε ένα πόδι ισορροπώντας πάνω στην ράγα του σιδηροδρόμου κλπ) και το άθροισμα των απαντήσεων αποδίδει βαθμολογία πλευρικής σταθεροποίησης WFQ<sub>ς</sub> (stability), λαμβάνοντας τιμές από -10 έως +10. Άτομα τα οποία έχουν θετικό άθροισμα απαντήσεων θεωρούνται άτομα με δεξιό πλευρική κάτω άκρου, ενώ άτομα τα οποία έχουν αρνητικό άθροισμα απαντήσεων θεωρούνται άτομα με αριστερή πλευρική κάτω άκρου.

WFQ<sub>total</sub>  
Τελική  
βαθμολογία (-20  
έως +20)

WFQ<sub>κ</sub>  
Τελική  
βαθμολογία (-10  
έως +10)

WFQ<sub>ς</sub>  
Τελική  
βαθμολογία (-10  
έως +10)

#### WFQ-R-GREEK

Translated into Greek by: Kapralli, E.; Stavridis, G. Billis, Y.; Siringakos, N.; Athanasopoulos, S.  
Technological Educational Institute (T.E.I) of Lamia, Department of Physiotherapy, Lamia, Greece  
Sports Physiotherapy Laboratory, Department of Sports Medicine and Biology of Exercise, National & Kapodistrian University of Athens, Greece