



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΤΟΜΕΑΣ ΑΘΛΗΤΙΑΤΡΙΚΗΣ & ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΗΣ ΚΑΙ  
ΔΙΠΟΔΙΚΗΣ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗΣ ΑΠΟ ΥΨΟΣ ΑΤΟΜΩΝ ΜΕ  
ΑΝΑΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΣΘΙΟΥ ΧΙΑΣΤΟΥ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥ»**

**Λουκάς Φινές**

**Επιβλέπων Καθηγητής: Κωνσταντίνος Μπουντόλος**

**ΙΟΥΛΙΟΣ 2021**

© Copyright

Λουκάς Φινές

Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών  
Εθνικής Αντιστάσεως 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα

# ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΗΣ ΚΑΙ ΔΙΠΟΔΙΚΗΣ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗΣ ΑΠΟ ΥΨΟΣ ΑΤΟΜΩΝ ΜΕ ΑΝΑΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΣΘΙΟΥ ΧΙΑΣΤΟΥ ΣΥΝΔΕΣΜΟΥ

## Περίληψη

Εισαγωγή: Οι αθλητικές προσπάθειες δημιουργούν σημαντικές φορτίσεις, οι οποίες επιφέρουν τραυματισμούς, με έμφαση στα κάτω άκρα και ιδίως στην άρθρωση του γονάτου. Στα πλαίσια της επαναφοράς του πάσχοντος μέλους, δηλαδή του γονάτου με ανασυγκρότηση πρόσθιου χιαστού συνδέσμου, η περιοδική αξιολόγηση συμβάλει σημαντικά στην ολοκληρωμένη αποκατάσταση. Σκοπός της μελέτης ήταν η σύγκριση μονοποδικής και διποδικής προσγείωσης σε άλμα από ύψος και η κινηματική αξιολόγηση ως προς το οβελιαίο επίπεδο.

Μέθοδος: Επτά (7) άνδρες και μια (1) γυναίκα χρονολογικής ηλικίας  $25.4 \pm 2.8$  χρόνων, αναστήματος  $180.0 \pm 10$  cm, μάζας  $80.8 \pm 14.9$  kg και BMI  $24.7 \pm 2.6$ , με ερασιτεχνικό επίπεδο άθλησης και οι έξι (2) εξ' αυτών με χειρουργημένο το δεξί πόδι και ευρισκόμενοι κατά μέσο όρο 34 μήνες από την ημέρα του χειρουργείου εκτέλεσαν άλματα από ύψος και οι προσπάθειες (10 κάθε συνθήκη, δηλ. Α- με τα δύο πόδια, Β - με το υγιές και Γ - με το χειρουργημένο) βιντεογραφήθηκαν με συχνότητα 30 Hz, ενώ η 2/διάστατη ανάλυση διεξήχθη με το λογισμικό Kinovea και το Logger Pro. Η ανάλυση έγινε ως προς το οβελιαίο επίπεδο, ώστε να ελεγχθούν οι γωνιακές μετατοπίσεις του γονάτου κατά τη φάση ολοκλήρωσης της προσγείωσης. Με τη σύγκριση μέσων όρων (t-test,  $p < .05$ ) δίνονται τα αποτελέσματα.

Αποτελέσματα: Οι γωνιακές μεταβολές του γονάτου στη διποδική στήριξη προσγείωσης ήταν  $89.6 \pm 16.0$  μοίρες, στη μονοποδική στήριξη του χειρουργημένου μέλους ήταν  $105.4 \pm 13.5$  μοίρες, ενώ του υγιούς μέλους  $102.0 \pm 13.4$  μοίρες, με τη μεταβλητότητα να κυμαίνεται μεταξύ 13.5 και 18.6%. Η σύγκριση μεταξύ των συνθηκών έδειξε σημαντική διαφορά  $p < .01$ , δηλαδή μεταξύ διποδικής προσγείωσης τόσο με τη μονοποδική του χειρουργημένου ποδιού, όσο και του υγιούς.

Συζήτηση/Συμπεράσματα: Η οβελιαία γωνιακή μεταβολή του γονάτου αποτελεί ένα κριτήριο για την αξιολόγηση της υποχώρησης του ποδιού, όταν η προσγείωση γίνεται από ύψος, με την οποία εκτιμάται η αποκατάσταση ατόμων. Ενδιαφέρον για παραπέρα μελέτη θα είχε η μετωπιαία αξιολόγηση του γονάτου ή και ο συνδυασμός αξιολόγησης των εδαφικών δυνάμεων αντίδρασης κατά την προσγείωση.

Λέξεις κλειδιά : Kinematics AND ACL AND Landing AND Single-leg AND sagittal-plane

# **KINEMATICS COMPARISON BETWEEN SINGLE-LEG AND DOUBLE LEGS LANDING FROM HEIGHT OF PEOPLE WITH RECONSTRUCTION OF ANTERIOR CRUCIAL LIGAMENT**

## **Abstract**

**Introduction:** Athletic efforts create significant loads, which induce injuries, with emphasis on the lower limb and especially the knee joint. In the context of recovery of affected limb, i.e. the knee with reconstruction of the anterior crucial ligament, the periodic appraisal contributes significantly to the complete recovery. The aim of study was to compare single-leg and double-leg landing from high jump and the kinematics appraisal of the sagittal plane.

**Method:** Seven (7) men and one (1) woman aged  $25.4 \pm 2.8$  years, height  $180.0 \pm 10$  cm, body mass  $80.8 \pm 14.9$  kg and BMI  $24.7 \pm 2.6$ , with amateur level of sport and six (6) of them with surgery on the right leg and being on average 34 months from the day of surgery performed high jump and the efforts (10 each condition, i.e. A-with double-leg, B-with the healthy, C- with the operated) were recorded with frequency 30Hz, while 2/dimensional analysis was performed with software Kinovea and Logger Pro. The analysis was performed at the sagittal plane, for the purpose of calculate the angular displacement of the knee during the landing phase. By comparison means (t-test,  $p < .05$ ) the results are given.

**Results:** The angular displacement of the knee in the double-legs landing was  $89.6 \pm 16.0$  degrees, in the single-leg landing of the operated limb was  $105.4 \pm 13.5$  degrees, while of the healthy limb was  $102.0 \pm 13.4$  degrees, with the variability ranging between 13.5 and 18.6%. The comparison between the conditions showed significant difference  $p < .01$ , i.e. between double-leg landing with both the operated leg and the healthy leg.

**Discussion/Conclusion:** The sagittal angular displacement of knee is a criterion for the attempt of the appraisal of the retreat of the leg, when the landing become from height, with which assess the recovery of individuals. For further study will have interest the frontal appraisal of knee or and the combination of appraisal of the ground reaction forces during the landing.

**Key Words:** Kinematics AND ACL AND Landing AND Single-leg AND sagittal-plane

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

|   |               |
|---|---------------|
| Περίληψη.....   | i             |
| Περίληψη στα Αγγλικά(Abtract).....  | ii            |
| Πίνακας Περιεχομένων.....   | iii           |
| Κατάλογος Σχημάτων.....   | iv            |
| Κατάλογος Πινάκων, Εικόνων.....   | iv            |
| Κατάλογος Συμβόλων και Συντομογραφιών.....                                    | iv            |
| <b>I.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>  | <b>σελ.1</b>  |
| 1.1 Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος.....                                | σελ. 1        |
| 1.2 Σημασία της έρευνας.....  | σελ.2         |
| 1.3 Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις.....                                   | σελ.3         |
| 1.4 Οριοθετήσεις και περιορισμοί της έρευνας.....                             | σελ.3         |
| <b>II.ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....</b>                                   | <b>σελ.4</b>  |
| 2.1 Επιδημιολογικά.....   | σελ. 4        |
| 2.2 Αποκατάσταση.....   | σελ.6         |
| 2.3 Δοκιμασία- Τεστ.....  | σελ.7         |
| 2.4 Αξιολόγηση.....   | σελ.8         |
| <b>III.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....</b>   | <b>σελ.9</b>  |
| 3.1 Δείγμα.....   | σελ.9         |
| 3.2 Διαδικασία των μετρήσεων .....  | σελ.9         |
| 3.3 Ανάλυση Δεδομένων.....  | σελ.10        |
| 3.4 Στατιστική ανάλυση.....   | σελ.12        |
| <b>IV.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</b>   | <b>σελ.15</b> |
| 4.1 Γωνιακές Μεταβολές Γονάτου και Σύγκριση μεταξύ συνθηκών προσγείωσης.....  | σελ.15        |
| 4.2 Εύρος γωνιακών μεταβολών γονάτου στις τρεις (3) συνθήκες προσγείωσης..... | σελ.15        |
| .....   | σελ.15        |
| <b>V.ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>  | <b>σελ.18</b> |
| <b>VI.ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....</b>                         | <b>σελ.20</b> |
| <b>VII.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>  | <b>σελ.22</b> |
| <b>VIII.ΠΑΡΤΗΜΑ.....</b>  | <b>σελ.24</b> |

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

|   |         |
|---|---------|
| <i>Πίνακας 3.1</i> Πίνακας Υπολογισμού Θ μέλους .....   | σελ.12  |
| <i>Πίνακας 3.2</i> Πίνακας Υπολογισμού Θ άρθρωσης.....  | σελ.12  |
| <i>Πίνακας 4.1</i> Γωνιακές μεταβολές (σε μοίρες) των τριών (3) συνθηκών προσγείωσης και σύγκριση μεταξύ αυτών..... | σελ.15  |
| <i>Πίνακας 4.2</i> Γωνίες της άρθρωσης του γονάτου στη Διποδική Προσγείωση (Min, Max, Mean, SD και CV %.....        | σελ.16  |
| <i>Πίνακας 4.3</i> Γωνίες της άρθρωσης του γονάτου (υγιούς σκέλους) στη Μονοποδική Προσγείωση.....                  | σελ.16  |
| <i>Πίνακας 4.4</i> Γωνίες της άρθρωσης του γονάτου με ΠΧΣ στη Μονοποδική Προσγείωση .....                           | σελ. 16 |
| <i>Πίνακας 8.1</i> Πίνακας Δεδομένων από Κίνονεα προσπαθειών της διποδικής προσγείωσης.....                         | σελ. 25 |
| <i>Πίνακας 8.2</i> Πίνακας Δεδομένων από Κίνονεα προσπαθειών της μονοποδικής προσγείωσης υγιούς.....                | σελ. 25 |
| <i>Πίνακας 8.1</i> Πίνακας Δεδομένων από Κίνονεα προσπαθειών της μονοποδικής προσγείωσης χειρουργημένου .....       | σελ. 25 |

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

|   |        |
|---|--------|
| <i>Εικόνα 2.1</i> Από την έρευνα των Hewett, T. E.,2005.....                            | σελ.6  |
| <i>Εικόνα 3.1</i> Απεικόνιση Ανάλυσης δεξιού ποδιού με το λογισμικό Κίνονεα .....       | σελ.14 |
| <i>Εικόνα 3.2</i> Απεικόνιση Ανάλυσης δεξιού ποδιού με το λογισμικό Logger Pro...σελ.14 |        |

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

**ΠΧΣ** Αναφερόμαστε στον Πρόσθιο Χιαστό Σύνδεσμο

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος

Τα επιδημιολογικά στοιχεία δείχνουν πως οι αθλητικές προσπάθειες «εκθέτουν» τους συμμετέχοντες σε σημαντικές επιβαρύνσεις και φορτίσεις, οι οποίες επιφέρουν τραυματισμούς, με έμφαση στα κάτω άκρα και ιδίως στην άρθρωση του γονάτου (Ali, N., Robertson, D. G. E., & Rouhi, G. (2014)). Ο Πρόσθιος Χιαστός Σύνδεσμος (Π.Χ.Σ) του γονάτου αποτελεί το πιο συχνό τραυματισμό στο κάτω άκρο και είναι αιτία απουσίας από την προπόνηση για ένα αθλητή ή και ασκούμενο. Οι λόγοι τραυματισμού του ΠΧΣ είναι πολυπαραγοντικοί και για την αποφυγή του τραυματισμού η σωστή συναρμογή των μελών του ατόμου κάτω από ειδικές καταστάσεις σε ένα σύνθετο αθλητικό περιβάλλον αποτελεί κρίσιμο παράγοντα (Chen, A. J., Tatarski, R. L., Perry, J., Quatman, C. E., Hewett, T. E., & Di Stasi, S. (2020)). Σε υψηλό αγωνιστικό επίπεδο ειδικά όπου οι επιβαρύνσεις είναι σημαντικές η κόπωση μπορεί να «εκθέσει» τον αθλητή σε κίνδυνο τραυματισμού. Ακόμα, η περίοδος μετά την αποκατάσταση του τραυματισμού αποτελεί κομβικό σημείο για την συνολική υγεία του αθλητή, προκειμένου να μην δημιουργηθούν ελλείματα και ασυμμετρίες και παραπέρα τραυματισμοί. Έτσι, μια συστηματική αξιολόγηση όλων των αθλητών τόσο των υγειών, αλλά ειδικά των αθλητών που επανέρχονται στην προπόνηση από τραυματισμό θα πρέπει να εφαρμόζεται μια δοκιμασία προκειμένου να εκτιμηθεί η κατάσταση του αθλητή. Για τα κάτω άκρα οι πιο συχνές δοκιμασίες αξιολόγησης είναι δοκιμασίες που σχετίζονται με προσγείωση και με δοκιμασίες που διακρίνονται με αλλαγές κατεύθυνσης (Chinnasee, C., Weir, G., Sasimontonkul, S., Alderson, J., & Donnelly, C. (2018)). Οι δοκιμασίες αυτές εφαρμόζονται και για την αξιολόγηση του μηχανισμού τραυματισμού του ΠΧΣ χωρίς επαφή, με μεγάλη αξιοπιστία.

Μέσω μιας τέτοιας δοκιμασίας μπορούν να εντοπιστούν επιμέρους μηχανικά στοιχεία της άρθρωσης του γονάτου που προκαλούν τον τραυματισμό, και ειδικότερα το γωνιακό εύρος κάμψης του γονάτου, οι ροπές που δημιουργούνται, οι εσωτερικές στροφές και την μυϊκή ενεργοποίηση των συμμετεχόντων μυών. Μια αξιόπιστη αξιολόγηση μπορεί να προέλθει με την εφαρμογή της τρισδιάστατης ανάλυσης ή με την εφαρμογή της ηλεκτρομυογραφίας.

Η συγκεκριμένη μελέτη, λόγω των ειδικών συνθηκών, εκπονήθηκε με την εφαρμογή της δισδιάστατης κινηματικής ανάλυσης, η οποία που μπορεί να εφαρμοστεί με σχετικά ικανοποιητική αξιοπιστία στην εύρεση της μετατόπισης του γονάτου κατά

την προσγείωση από ένα ύψος τριάντα (30) cm, όπου φάνηκε ότι είναι ιδανικό για άτομα που έχουν ανασυγκρότηση ΠΧΣ και μπορούν να εντοπιστούν διαφορές μεταξύ των διαφορετικών συνθηκών (Herrington, L., Alenezi, F., Alzhrani, M., Alrayani, H., & Jones, R. (2017)). Ακόμα, αυτό το ύψος αποτελεί μια ασφαλή δοκιμασία για τους δοκιμαζόμενους και όχι τόσο επίπονη συγκριτικά με τα σαράντα (40) cm ή εξήντα (60) cm που παρατηρείται στη βιβλιογραφία (Taylor, J. B., Ford, K. R., Nguyen, A. D., & Shultz, S. J. (2016)). Η αξιολόγηση της γωνίας κάμψης του γονάτου αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα για την αξιολόγηση αθλητών μετά από τραυματισμό, καθώς μπορούν να εντοπιστούν τυχόν ανισορροπίες μεταξύ των μελών ενός ατόμου (Ithurburn, M. P., Paterno, M. V., Ford, K. R., Hewett, T. E., & Schmitt, L. C. (2017)). Σε περίπτωση καμίας ανισορροπίας, ο αθλητής μπορεί να γυρίσει με ασφάλεια στα αθλητικά του καθήκοντα, ενώ σε περίπτωση πιθανών διαφορών κρίνεται επισφαλής η επιστροφή και ένα πρόγραμμα παρέμβασης μπορεί να συμβάλει στην εξάλειψη των ανισορροπιών και την ολοκληρωμένη αποκατάσταση.

Η παρούσα μελέτη σκοπό είχε να εξετάσει τη μηχανική συμπεριφορά του γονάτου με ΠΧΣ, σε κατάσταση προσγείωσης από άλμα, συγκριτικά με το υγιές γόνατο ή και συνδυαστικά με τα δύο άκρα. Τα ερευνητικά ερωτήματα όπως τέθηκαν εξ' αρχής αφορούσαν τα εξής :

A) εάν διποδική προσγείωση εμφανίζει μικρότερες γωνίες κάμψης γονάτου από την μονοποδική προσγείωση στο υγιές μέλος, ως προς το οβελιαίο επίπεδο,

B) εάν η διποδική προσγείωση εμφανίζει μικρότερες γωνίες κάμψης γονάτου από τη μονοποδική προσγείωση στο μέλος που έχει χειρουργηθεί για ΠΧΣ, ως προς το οβελιαίο επίπεδο και

Γ) εάν κατά την μονοποδική στήριξη υγιούς μέλους και μέλους με ΠΧΣ υπάρχουν διαφορές ως προς τις γωνίες κάμψης του γονάτου και ως προς το οβελιαίο επίπεδο.

## **1.2 Σημασία της έρευνας**

Η σημαντικότητα της συγκεκριμένης μελέτης αφορά στην αξιόπιστη αξιολόγηση των ασκούμενων με ανασυγκρότηση του Πρόσθιου Χιαστού Συνδέσμου. Με τη διαδικασία αξιολόγησης ελέγχεται η κατάσταση της άρθρωσης του γονάτου και οι πιθανές αποκλείσεις που μπορεί να εμφανίζει, με σκοπό να ακολουθήσει παρέμβαση αν είναι απαραίτητη. Ο σχεδιασμός αυτής της μελέτης, αν και φαινομενικά απλός, εντούτοις



μπορεί να αποτελέσει ως ιδέα ένα χρήσιμο «εργαλείο» για την συστηματική αξιολόγηση των αθλητών κατά την διάρκεια μιας αγωνιστικής περιόδου προκειμένου αφού εξασφαλιστεί η αρχική αξιολόγηση και να πραγματοποιούνται συστηματικές μετρήσεις ελέγχοντας την επίδραση της προπόνησης στο μυοσκελετικό σύστημα των ασκούμενων με έμφαση σε κρίσιμα σημεία όπως ο ΠΧΣ του γονάτου (Chen, A. J. et al. 2020).

### **1.3 Ερευνητικά ερωτήματα**

Η μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας, αλλά και ο σχεδιασμός της εργασίας καθόρισε και τα επόμενα βασικά διερευνητικά ερωτήματα, τα οποία πρέπει να απαντηθούν στα επόμενα κεφάλαια:

A) Η διποδική προσγείωση εμφανίζει μικρότερες γωνίες κάμψης γονάτου από την μονοποδική προσγείωση, ως προς το οβελιαίο επίπεδο και

B) Το χειρουργημένο πόδι με ΠΧΣ θα εμφάνιζε μεγαλύτερη γωνία κάμψης γονάτου από το υγιές πόδι, ως προς το οβελιαίο επίπεδο.

### **1.4 Οριοθετήσεις και περιορισμοί της έρευνας**

Το δείγμα συμμετείχε εθελοντικά στη μελέτη, δύο εκ των ασκούμενων εμφάνιζαν εκτός από ανασυγκρότηση ΠΧΣ και διαστρέμματα στο αντίθετο άκρο πόδι. Επίσης, δύο ασκούμενοι είχαν πραγματοποιήσει ανασυγκρότηση στο μη κυρίαρχο πόδι, σε σύγκριση με τους υπόλοιπους που είχαν χειρουργήσει το κυρίαρχο.

Επομένως, τα αποτελέσματα δεν μπορούν να γενικευτούν στον ευρύτερο ειδικό πληθυσμό που παρουσίασαν ΠΧΣ του γονάτου και βρίσκονται σε κατάσταση αποκατάστασης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

### 2.1 Επιδημιολογικά

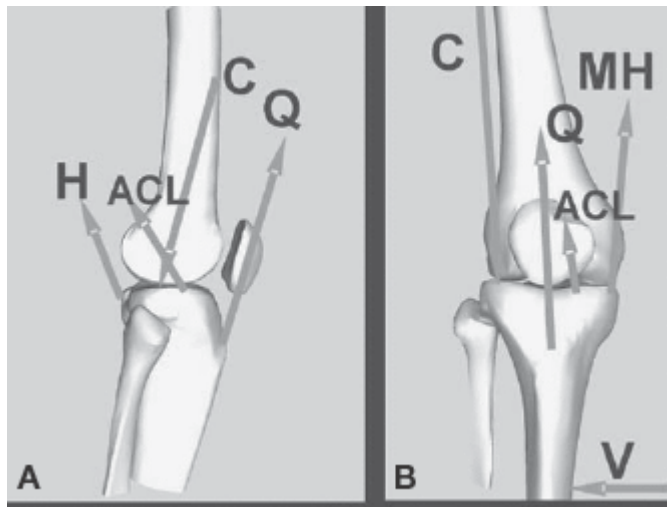
Ο ρήξη του Πρόσθιου Χιαστού Συνδέσμου (ΠΧΣ) αφορά ένα τραυματισμό που εμφανίζεται στην άρθρωση του γονάτου. Αναφορικά οι Boden, B. P., Dean, G. S., Feagin, J. A., & Garrett, W. E. (2000) διατυπώνουν ότι ένα μεγάλο ποσοστό των τραυματισμών του ΠΣΧ γίνεται με μηχανισμό χωρίς επαφή (72%) και ότι οι τραυματισμοί πραγματοποιούνται κατά την φάση όπου η άρθρωση του γονάτου εμφάνιζε την πλήρη έκτασή του. Ακόμα, η περισσότεροι τραυματισμοί του ΠΣΧ γίνονταν κατά μια προσπάθεια επιβράδυνσης ή ελιγμού προσγείωσης. Η φάση προσγείωσης επιβαρύνει το Πρόσθιο Χιαστό Σύνδεσμο (ΠΧΣ), αρκετοί τραυματισμοί χωρίς επαφή εμφανίζονται σε μονοποδική προσγείωση κατά την συμμετοχή σε κάποια αθλοπαιδιά, λόγω των μεγαλύτερων δυνάμεων που δημιουργούνται (Ali, N. et al. 2021). Από βιομηχανικής πλευράς ο τραυματισμός ΠΧΣ στα τρία επίπεδα μεταφράζεται ως βλαισότητα (μετωπιαίο επίπεδο) του γονάτου, εσωτερική στροφή (εγκάρσιο επίπεδο) του γονάτου και μειωμένη κάμψη (οβελιαίο επίπεδο) του γονάτου. Η τεχνική προσγείωσης επηρεάζει τον ΠΧΣ καθώς η μέγιστη δύναμη (F peak) που δέχεται ο ΠΧΣ είναι στην πλήρη έκταση του γονάτου κατά τη φάση επαφής στο έδαφος, μετά από προσγείωση. Η δύναμη F peak εξαρτάται από τη θέση του κάτω άκρου και της μυϊκής ενεργοποίησης πριν την επαφή. Συνεπώς, για τη θέση του κάτω άκρου, μια ελεγχόμενη ή αποσβεστική προσγείωση αυξάνει την κάμψη του γονάτου και μειώνει τις κατακόρυφες εδαφικές δυνάμεις που δέχεται η άρθρωση. Αντίθετα, μια δύσκαμπτη προσγείωση έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της γωνίας και αύξηση των κατακόρυφων δυνάμεων και κατά συνέπεια τη φόρτιση του ΠΧΣ. Όσον αφορά την μυϊκή ενεργοποίηση, η έναρξη του αντανακλαστικού εκδηλώνεται σε χρόνο 40 ms μετά την επαφή με το έδαφος κατά την προσγείωση, ενώ η F peak έχει εκδηλωθεί σε χρόνο 7-10ms κατά την επαφή. Έτσι, λοιπόν η μέγιστη δύναμη εκδηλώνεται πολύ γρήγορα για μια ενεργή απόκριση του μυϊκού συστήματος. Ακόμα, ο βασικός συντελεστής που φαίνεται να μειώνει την δύναμη F peak είναι η οπίσθια διάτμηση των οπίσθιων μυών του μηρού, όπου η οπίσθια ενεργοποίηση εκδηλώνεται πιο ενεργά με την χαμηλότερη τοποθέτηση της άρθρωσης του ισχίου και του γονάτου και συνεπώς μικρότερη γωνία κάμψης. Έχοντας αναφέρει τα προαναφερθέντα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η γωνία κάμψης του γονάτου αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την προστασία του ΠΧΣ κατά την διάρκεια μιας δοκιμασίας προσγείωσης, καθώς τοποθετείται το κάτω άκρο σε ευνοϊκότερη θέση και μειώνονται οι πιθανότητες για

τραυματισμό (Laughlin, W. A., Weinhandl, J. T., Kernozek, T. W., Cobb, S. C., Keenan, K. G., & O'Connor, K. M. (2011)).

Παρατηρώντας την Εικόνα 2.1, οποιαδήποτε αλλαγή στην ισορροπία των δυνάμεων αυξάνει το κίνδυνο για τραυματισμό. Ο κίνδυνος αυξάνεται ακόμα περισσότερο σε ένα άτομο που έχει υποστεί ανασυγκρότηση του ΠΧΣ και μπορεί το κινητικό του μοτίβο να έχει τροποποιηθεί και να εμφανίζονται ανισορροπίες μεταξύ των μελών (Ithurburn, M. P., et al. 2015). Σημαντική είναι η συστηματική αξιολόγηση των ατόμων αυτών προκειμένου τον εντοπισμό των ανισορροπιών αυτών και τον έλεγχο της εφαρμογής προγραμμάτων παρεμβάσεων των ασκούμενων. Ακόμα, η προσγείωση με το ένα πόδι οδηγεί σε αυξημένο κίνδυνο τραυματισμού ΠΧΣ σε σχέση με προσγείωση στα δύο πόδια, λόγω της δημιουργίας μικρότερων γωνιών κάμψης γονάτου καθώς αλλάζει το κινητικό πρότυπο προσγείωσης (Yeow, C. H., Lee, P. V. S., & Goh, J. C. H. (2011)).

Σύμφωνα με τα βιομηχανικά στοιχεία του συνδέσμου, η προσγείωση με τεντωμένο πόδι ως προς το οβελιαίο επίπεδο αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα που οδηγεί σε ρήξη ΠΧΣ ακόμα και πιο σημαντικό από την βλαισότητα του γονάτου, λόγω μεγαλύτερης επιμήκυνσης του ΠΧΣ (Sugimoto, D., Alentorn-Geli, E., Mendiguchía, J., Samuelsson, K., Karlsson, J., & Myer, G. D. (2015). Η ρήξη του Πρόσθιου Χιαστού Συνδέσμου (ΠΧΣ) εμφανίζεται αρκετά συχνά σε αθλητές αθλοπαιδιών, όπως στην χειροσφαίριση, στην πετοσφαίριση και στην καλαθοσφαίριση, λόγω των περίπλοκων κινήσεων και των υψηλών απαιτήσεων που περιέχουν αυτά τα αθλήματα και καλούνται οι αθλητές να ανταπεξέρθουν κάτω από υψηλές πιέσεις και κόπωση τόσο σωματική όσο και ψυχολογική (Setuain, I., Millor, N., González-Izal, M., Gorostiaga, E. M., Gómez, M., Alfaro-Adrián, J., ... & Izquierdo, M. (2015) and Benjaminse, A., Webster, K. E., Kimp, A., Meijer, M., & Gokeler, A. (2019)). Οι Bakker, R., Tomescu, S., Brennehan, E., Hangalur, G., Laing, A., & Chandrashekar, N. (2016) αναφέρουν ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της καταπόνησης του ΠΧΣ με την μείωση της μέγιστης κάμψης του γόνατος σε μια δοκιμασία προσγείωσης, όμως αν και μεγάλη συσχέτιση οι ανατομικοί παράγοντες (Σωματικό Βάρος και ανάστημα) αποτελούν καθοριστικό ρόλο στην επιφόρτιση του ΠΧΣ. Επίσης, αναφέρουν ότι υπάρχει υψηλή συσχέτιση με τον ΠΧΣ και την μέγιστη δύναμη του γαστροκνήμιου και των οπίσθιων μηριαίων μυών (για υγιή άτομα) και η αύξηση της κνημιαίας κλίσης αυξάνει το μήκος του ΠΧΣ. Το γυναικείο φύλο εμφανίζει μεγαλύτερα ποσοστά τραυματισμού σε σχέση με τους άνδρες λόγω νευρομυϊκών, ανατομικών και κυρίως ορμονικών παραγόντων. Το γυναικείο φύλο εμφανίζει

μεγαλύτερες δυνάμεις Valgus και υψηλότερα φορτία απαγωγής κατά την προσγείωση (Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt Jr, R. S., Colosimo, A. J., McLean, S. G., ... & Succop, P.2005).



**Εικόνα 2.1** από την έρευνα των Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt Jr, R. S., Colosimo, A. J., McLean, S. G., ... & Succop, P. (2005). Στην αριστερή εικόνα(A) που θα μας απασχολήσει απεικονίζονται οι δυνάμεις που δρουν στην κνήμη, όπου φαίνεται η ισορροπία σε οβελιαίο επίπεδο της αρθρικής δύναμης επαφής, της δύναμης των οπίσθιων μηριαίων μυών, της δύναμης τετρακεφάλου και της δύναμης του ΠΧΣ. Στο συγκεκριμένο σχήμα παρατηρείτε ότι η δύναμη του τετρακεφάλου συμβάλει στην φόρτωση του ΠΧΣ, καθώς η δύναμη των οπίσθιων μηριαίων και αρθρική δύναμη προστατεύουν τον ΠΧΣ. Κάτω από ένα δεδομένο δυναμικό φορτίο, οποιαδήποτε μείωση των μυϊκών δυνάμεων θα προκαλέσει αύξηση του συνδέσμου και συνεπώς θα αυξήσει το ρίσκο για τον τραυματισμό του. Όπου: C, αρθρική δύναμη επαφής, Q, δύναμη τετρακέφαλου, H, δύναμη οπίσθιων μηριαίων μυών, MH, μεσαία δύναμη μπλοκάρει, V, φορτίο valgus.

## 2.2 Αποκατάσταση

Μια πιο ομαλή προσγείωση μπορεί να μειώσει την δύναμη του ΠΧΣ, λόγω των μικρών γωνιών κάμψης στο γόνατο και μείωση έτσι της επιβάρυνσης των δυνάμεων του γονάτου και μείωση της πρόσθιας μετατόπισης της κνήμης (Laughlin, W. A. et al. (2011). Επίσης, αναφέρεται ότι μια πιο μαλακή προσγείωση βοηθάει την σχέση γωνίας ισχίου με γόνατο, όπου σχετίζεται με την ενεργοποίηση των οπίσθιων μηριαίων μυών και προστατεύουν τον ΠΧΣ. Σύμφωνα με την Kamath, G. V., Murphy, T., Creighton, R. A., Viradia, N., Taft, T. N., & Spang, J. T. (2014) τα άτομα που επιστρέφουν στον αθλητισμό μετά από ανασυγκρότηση του ΠΧΣ έχουν αυξημένο κίνδυνο για δεύτερο τραυματισμό κατά τα δύο χρόνια άθλησης. Ακόμα, σημαντικά ελλείματα εμφανίζονται στην λειτουργικότητα του γονάτου στα άτομα αυτά και στην συμμετρία στα κάτω άκρα μετά το χειρουργείο σε δοκιμασία αλμάτων (Schmitt, L. C., Paterno, M. V., & Hewett, T. E. (2012). Η ολοκληρωμένη αποκατάσταση αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την

προστασία του ασκούμενου, καθώς τα ελλείματα της λειτουργίας του γονάτου φαίνεται να διατηρούνται κατά την πάροδο του χρόνου (Barenius, B., Forssblad, M., Engström, B., & Eriksson, K. (2013).

### **2.3 Δοκιμασία- Τεστ**

Οι δοκιμασίες που εφαρμόζονται για τον εντοπισμό ασυμμετριών των κάτω άκρων είναι συνήθως μια δοκιμασία προσγείωσης από ύψος με διποδική προσγείωση και μονοποδική (Setuain, I. et al. 2015). Επίσης, οι δοκιμασίες αυτές έχουν αξιοποιηθεί για τον έλεγχο κινήσεων υψηλού κινδύνου και για προγράμματα πρόληψης τραυματισμών (Taylor, J. B., et al. 2016). Το ύψος που χρησιμοποιούν οι περισσότερες έρευνες είναι από είκοσι (20) εκατοστά μέχρι εξήντα (60) εκατοστά (Setuain, I. et al. (2015) and Ali, N., et al. (2014)). Οι Ali, N, et al. (2014) αναφέρουν ότι σε ύψη μεταξύ είκοσι (20) και σαράντα (40) εκατοστών δεν υπήρχε σημαντική διαφορά στην γωνία κάμψης του γονάτου κατά την προσγείωση, ενώ μεταξύ είκοσι και εξήντα υπήρχε σημαντική διαφορά. Ακόμα, αναφέρουν ότι η ισχύς γονάτου από 20 σε 40 ήταν σημαντικά μικρότερη και η εργασία του γονάτου σε 20 ήταν σημαντικά μικρότερη σε σχέση με 40 και 60. Οι Sugimoto, D. et al (2015) αναφέρουν ότι με την αύξηση του ύψους πτώσης η γωνία κάμψης αυξάνεται (Setuain, I. et al. 2015), με αποτέλεσμα την μεγαλύτερη ενεργοποίηση του τετρακέφαλου μυ και των οπίσθιων μηριαίων που οδηγεί στην δημιουργία μεγαλύτερων εδαφικών δυνάμεων αντίδρασης (GRF) και δυνάμεις τετρακέφαλου συνεπώς και την ενεργοποίηση του μηχανισμού εκτάσεις του ΠΧΣ, ο οποίος επιμηκύνεται και αυξάνεται ο κίνδυνος για ρήξη. Οι Herrington, L., et al. (2017) στην έρευνά τους συγκρίνουν δύο μεθόδους ανάλυσης την τρισδιάστατη και δυσδιάστατη και αναφέρουν ότι στις δοκιμασίες μονοποδικό κάθισμα και μονοποδική προσγείωση οι δύο δοκιμασίες είχαν καλή συσχέτιση και η δυσδιάστατη ανάλυση έχει καλή αξιοπιστία. Μια έρευνα σχετική με το κάθετο άλμα έδειξε ότι όσο μεγαλύτερη είναι η έκκεντρη φόρτιση τόσο μεγαλύτερη είναι η μυϊκή ενεργοποίηση κατά την δοκιμασία Drop-jump και όσο μικρότερο είναι το εύρος κίνησης τόσο μεγαλύτερη αύξηση του άλματος εμφανίζεται (Moran, K. A., & Wallace, E. S. (2007)). Οι Laughlin, W. A. et al. (2011) στην έρευνα τους αναφέρουν ότι η εκδήλωση της μέγιστης δύναμης του ΠΧΣ είναι ανεξάρτητη από την τεχνική προσγείωσης, ωστόσο η τεχνική (εύκαμπτη ή δύσκαμπτη) επηρεάζει το μέτρο της. Επίσης, αναφέρουν για την μείωση της Δύναμης του ΠΧΣ πρωταρχικό ρόλο έχουν οι οπίσθιοι μηριαίοι μύες .

## 2.4 Αξιολόγηση

Για τον έλεγχο και την αξιολόγηση των μηχανικών ιδιοτήτων των ατόμων με ανασυγκρότηση του ΠΧΣ είναι σύνηθες να εφαρμόζονται τροποποιημένες κινήσεις που έχουν σχέση με προσγείωση και δυναμικές εργασίες (Ithurburn, M et al. 2017). Ακόμα, κατά την σύγκριση του ατόμου γίνεται έλεγχος της χειρουργημένης πλευράς με την υγιή, όπου και αποτελεί την συνθήκη ελέγχου. Οι Xu, D., Jiang, X., Cen, X., Baker, J. S., & Gu, Y. (2021) αναφέρουν ότι το οβελιαίο επίπεδο αποτελεί το βασικό επίπεδο για την άρθρωση του γόνατος. Ακόμα, στην έρευνα τους στην προσπάθεια τους για την αξιολόγηση του ΠΧΣ βρήκαν ότι σε υγιή άτομα σε μια δοκιμασία προσγείωσης από ύψος η διαφορά που εμφανίστηκε μεταξύ διπλής προσγείωσης και μονής ήταν κατά 13,8 μοίρες λιγότερο κατά την μονή. Ωστόσο οι Laughlin, W. A. et al. 2011 στην έρευνα τους σε υγιή άτομα αναφέρουν ότι με την εξέταση μόνο σε οβελιαίο επίπεδο δεν διαμορφώνεται μια πλήρης αξιολόγηση πιθανών ασυμμετριών. Ακόμα, οι Yeow, C. H., et al. (2011) έρχονται να προσθέσουν ότι στην έρευνα τους σε υγιή άτομα βρήκαν ότι σε οβελιαίο επίπεδο η απαγωγή του ποδιού μειώθηκε, ενώ σε μετωπιαίο επίπεδο αυξήθηκε. Η αξιολόγηση πρέπει να εφαρμόζεται σε τακτά χρονικά διαστήματα, ειδικά αν το άτομα ασχολείται συστηματικά με τον αθλητισμό, καθώς διαφορές στην φυσιολογική λειτουργία της άρθρωσης μπορούν να εμφανιστούν σε χρονικό διάστημα μέχρι και δύο χρόνια μετά το χειρουργείο.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

### **3.1 Δείγμα**

Στη μελέτη συμμετείχαν συνολικά οκτώ (8) άτομα, εκ των οποίων οι επτά (7) άνδρες και μία (1) γυναίκα. Η χρονολογική τους ηλικία ήταν  $25.4 \pm 2.8$  χρόνων, το ανάστημα  $180.0 \pm 10$  cm, η μάζα  $80.8 \pm 14.9$  kg και ο δείκτης BMI  $24.7 \pm 2.6$ . Η αθλητική ενασχόληση ήταν σε ερασιτεχνικό επίπεδο, με τους δύο (2) να ασχολούνται με το Teakwood, οι πέντε (5) με την καλαθοσφαίριση και ένας (1) με τον στίβο. Βασική προϋπόθεση συμμετοχής στη μελέτη ήταν να έχουν μονοποδική ανασυγκρότηση του ΠΧΣ, να βρίσκονται σε ώριμο στάδιο της αποκατάστασης και να μην ενοχλούνται από συστηματικό πόνο. Οι έξι (6) είχαν χειρουργημένο το δεξί τους πόδι και οι δύο (2) το αριστερό και βρισκόντουσαν κατά μέσο όρο 33.7 μήνες από την ημέρα του χειρουργείου. Η τεχνική του χειρουργείου που είχαν ακολουθήσει ήταν με τενόντιο μόσχευμα Ημιτενοντώδους-Ισχνού (Hamstrings) και ένας μόνο δοκιμαζόμενος με μόσχευμα από τμήμα του Επιγονατιδικού τένοντα.

### **3.2 Διαδικασία των μετρήσεων**

Η διαδικασία αφορούσε την εκτέλεση της δοκιμασίας προσγείωσης από χαμηλό ύψος τριάντα (30) cm με τρεις διαφορετικές συνθήκες: Α) προσγείωση με τα δύο πόδια, Β) προσγείωση με το χειρουργημένο πόδι, Γ) προσγείωση με το υγιές πόδι. Στους δοκιμαζόμενους ζητήθηκε κατά την κίνηση να έχουν τα χέρια τους στη μέση και δεν δόθηκε καμία οδηγία για τον τρόπο προσγείωσης παρά μόνο να προσγειώνονται με τον επιθυμητό τρόπο, όπως θα πραγματοποιήσουν μια προσγείωση από άλμα. Για την εκτέλεση της δοκιμασίας τους ζητήθηκε να απελευθερώσουν το ένα πόδι και να προσγειωθούν με τα δύο πόδια ταυτόχρονα στη διποδική στήριξη και με το ένα πόδι στη μονοποδική. Επίσης, για την έγκυρη καταγραφή της προσπάθειας, στην προσγείωση το πέλμα έπρεπε να εφάπτεται με το έδαφος και όχι μόνο στα μετατάρσια. Επίσης δόθηκε η οδηγία, πως κατά την προσγείωση να σταθεροποιούνται, χωρίς να χάνουν την ισορροπία τους. Για κάθε διαφορετική συνθήκη οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν δέκα προσπάθειες (10), με το σύνολο των προσπαθειών να είναι τριάντα (30) για κάθε δοκιμαζόμενο.

Κάθε προσπάθεια καταγράφηκε με βιντεοκάμερα (Sony HDR-AS50 και με ταχύτητα κλείστρου 1/30 - 1/10.000 (30fps)), με συχνότητα καταγραφής 30fps και ήταν

τοποθετημένη σε ένα τρίποδα. Η κάμερα τοποθετήθηκε κάθετα ως προς τον δοκιμαζόμενο και την εκτέλεση των προσπαθειών.

Οι δοκιμαζόμενοι πραγματοποίησαν τη σχετική προθέρμανση σε στατικό ποδήλατο για δέκα (10) min και μετά υποβάλλονταν σε 5-6 δοκιμαστικές προσπάθειες. Μεταξύ κάθε προσπάθειας υπήρχε διάλειμμα και η συνολική διάρκεια της διαδικασίας ήταν πενήντα (50) λεπτά.

Ο κάθε δοκιμαζόμενος ενημερωνόταν για την διαδικασία και πριν την έναρξη των μετρήσεων συμπλήρωνε το έντυπο συγκατάθεσης (Παράρτημα Ι). Η μελέτη είχε την προηγούμενη έγκριση της Επιτροπής Ερευνητικής Δεοντολογίας-Βιοηθικής της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, με υπ' αριθμό 1260/17-02-2021.

### **3.3 Ανάλυση Δεδομένων**

Η δισδιάστατη κινηματική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με: α) το ελεύθερο λογισμικό Κίνησα και β) το λογισμικό Logger Pro (έκδοση 3.16.2). Η ανάλυση έγινε ως προς το οβελιαίο επίπεδο, ώστε να ελεγχθούν οι γωνιακές μετατοπίσεις του γονάτου κατά τη φάση ολοκλήρωσης της προσγείωσης.

Το λογισμικό Κίνησα αποτελεί ένα εργαλείο για την ανάλυση της ανθρώπινης κίνησης με την λήψη βίντεο, την παρατήρηση, τον σχολιασμό και την μέτρηση των δεδομένων να αποτελούν τους βασικούς του στόχους. Στη συγκεκριμένη μελέτη, η διαδικασία που ακολουθήθηκε, μετά την λήψη του βίντεο της κάθε προσπάθειας, ήταν να γίνει εισαγωγή κάθε βίντεο στο λογισμικό και να βρεθεί η εικόνα όπου το άτομο βρισκόταν στη χαμηλότερη θέση κατά την προσγείωση, για κάθε διαφορετική συνθήκη και να εντοπιστεί η γωνιακή μετατόπιση του γονάτου. Η επιλογή της χαμηλότερης θέσης εξασφαλίζεται με την χρήση του λογισμικού και των εργαλείων που διαθέτει, με την επιλογή του επιθυμητού καρέ στο βίντεο. Η εντοπισμένη γωνία μετατόπισης αποτελούσε την εσωτερική γωνία κάμψης του γονάτου, δηλαδή τη γωνία που σχηματίζει ο μηρός ως προς την κνήμη. Επίσης, η ακριβής μέτρηση της γωνίας προσφέρεται με τα εργαλεία του λογισμικού, μέσω ενός ηλεκτρονικού μοιρογνωμονίου, όπου δίνεται η δυνατότητα τοποθέτησης σημείων στο χώρο προκειμένου να καταγραφεί η γωνία, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.1.



Ειδικότερα, για την ανάλυση, αφού ορίστηκε η χαμηλότερη θέση του σώματος ορίστηκαν τα σημεία στις τρεις αρθρώσεις που οριοθετούν την οβελιαία γωνία κάμψης του γονάτου, δηλαδή του ισχίου, του γόνατο και της ποδοκνημική. Τα δεδομένα μεταφέρθηκαν σε φύλλο στο λογισμικό Excel, για κάθε προσπάθεια και για κάθε δοκιμαζόμενο. Έγινε επιλογή μεγέθυνσης της κάθε εικόνας ώστε να μειωθεί το λάθος στην τοποθέτηση των αρθρικών σημείων. Η δειγματοληψία που επιλέχθηκε ήταν στα 30fps, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, συνεπώς η διάρκεια της μίας εικόνας ήταν:

$$t(\text{sec.}) = \frac{1}{f}$$

όπου  $t$ , είναι ο χρόνος και  $f$  η συχνότητα δειγματοληψίας, άρα  $t=0,033$  seconds η διάρκεια μιας εικόνας. Αποτελεί ικανοποιητική δειγματοληψία για την κίνηση που εξετάστηκε, καθώς μπορούν να εντοπιστούν διαφορές.

Όσον αφορά Logger Pro 3.16.2 της Vernier είναι ένα λογισμικό βραβευμένο για την συλλογή δεδομένων και την ανάλυση μιας κίνησης. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η εισαγωγή του αποθηκευμένου βίντεο της προσπάθειας. Για την σωστή συλλογή δεδομένων και με βάση τις δυνατότητες που μας δίνει το λογισμικό έπρεπε να οριστούν στο πρόγραμμα ο Ρυθμός Δειγματοληψίας (30fps), ένα καρτεσιανό σύστημα με άξονες ως προς την κατακόρυφη κατεύθυνση (άξονας Y) και ως προς την οριζόντια κατεύθυνση (άξονας X) και μια κλίμακα με γνωστή απόσταση που έχει προκαταβολικά οριστεί ( π.χ. ένα μέτρο) μέσα στο χώρο για την σωστή λήψη των αποτελεσμάτων με βάση το βίντεο που έχει γίνει εισαγωγή του. Στο συγκεκριμένο πρόγραμμα σου δίνεται η δυνατότητα να τοποθετήσεις σημεία στο βίντεο μέσα στο καρτεσιανό σύστημα και σου εμφανίζει τις τιμές που έχουν σε συντεταγμένες (X,Y) και την χρονική στιγμή(t) που βρίσκονταν (Εικόνα 3.2 κάτω αριστερά). Έτσι, παρομοίως και με το λογισμικό Κίνοεα σημειώθηκαν οι τρεις αρθρώσεις ισχίου, γόνατο και ποδοκνημική, προκειμένου τον εντοπισμό της γωνιακής μεταβολής. Η διαφορά σε αυτή την ανάλυση είναι ότι συλλέγουμε δεδομένα καθ' όλη την διάρκεια της κίνησης από την στιγμή που σηκώνεται το πόδι για να πραγματοποιήσει την κίνηση, την στιγμή της χαμηλότερης θέσης και τέλος της επαναφοράς του σώματος σε όρθια θέση. Η χαμηλότερη θέση εντοπίστηκε με βάση την χαμηλότερη θέση που παίρνει η άρθρωση του γονάτου στον κατακόρυφο άξονα, δηλαδή τιμές μόνο στον Y άξονα και επιβεβαιώθηκε με την θέση που εντοπίστηκε στο λογισμικό Κίνοεα. Για τον εντοπισμό της γωνίας της άρθρωσης του γονάτου χρησιμοποιήθηκε ο υπολογισμός με βάση τα μέλη του μηρού και της κνήμης. Γνωρίζοντας

ότι ο ΜΗΡΟΣ αποτελείται από την Κεντρική Άρθρωση που είναι το Ισχίο και την Περιφερική Άρθρωση που είναι το Γόνατο και ότι η ΚΝΗΜΗ αποτελείται από την Κεντρική Άρθρωση που είναι το Γόνατο και την Περιφερική Άρθρωση που είναι το Ισχίο, προχωρήσαμε σε μια κινηματική ανάλυση με βάση τα δεδομένα στην χαμηλότερη θέση. Έτσι, με βάση τα προαναφερθέντα και μετά την μεταφορά των δεδομένων στο λογισμικό Excel, έγινε η ανάλυση για τον εντοπισμό της γωνίας κάμψης του γονάτου με τους παρακάτω τύπους :

**Πίνακας 3.1** Πίνακας Υπολογισμού Θ μέλους

Πίνακας Υπολογισμού Θ μέλους

|       | $\Delta Y$ | $\Delta X$ | $\epsilon\phi\Theta$ | $\Theta$                  |
|-------|------------|------------|----------------------|---------------------------|
|       | Υκεντ.-    | Χκεντρ.-   |                      |                           |
| ΜΗΡΟΣ | Υπεριφ.    | Χπεριφ.    | $\Delta Y/\Delta X$  | Από τριγωνομετρικό Πίνακα |
|       | Υκεντ.-    | Χκεντρ.-   |                      |                           |
| ΚΝΗΜΗ | Υπεριφ.    | Χπεριφ.    | $\Delta Y/\Delta X$  | Από τριγωνομετρικό Πίνακα |

**Πίνακας 3.2** Πίνακας Υπολογισμού Θ άρθρωσης

Πίνακας Υπολογισμού Θ άρθρωσης

Θ κάμψης

|         |                |                            |
|---------|----------------|----------------------------|
| ΑΡΘΡΩΣΗ | άρθρωσης       | Θ εσωτερική                |
| ΓΟΝΑΤΟ  | Θμηρού-θκνήμης | <b>180-θκάμψης γονάτου</b> |

Έτσι, με την πιο πάνω μέθοδο βρίσκουμε την  $\theta$  γωνία εσωτερική, δηλαδή την γωνία κάμψης του γονάτου. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.1 η γωνία που μετρήθηκε είναι αυτή που σχηματίζεται στο πράσινο περίγραμμα.

### 3.4 Στατιστική ανάλυση

Μετά την σύγκριση μεταξύ των συνθηκών έδειξε σημαντική διαφορά ( $p < .01$ ), δηλαδή μεταξύ διποδικής προσγείωσης τόσο με τη μονοποδική του χειρουργημένου ποδιού, όσο και του υγιούς. Επίσης, η σύγκριση των μέσων όρων (t-test) μεταξύ των δύο προγραμμάτων του Kinevea και του Logger Pro έδειξε υψηλή συσχέτιση με τιμή 0,98.

Τα δεδομένα της κινηματικής ανάλυσης εισήχθησαν στο πρόγραμμα Office Excel και με την περιγραφική στατιστική υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι (Mean), η τυπική απόκλιση (SD), οι μέγιστες τιμές (MAX) και οι ελάχιστες τιμές (MIN), ενώ υπολογίστηκε και ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV), βάσει της σχέσης:

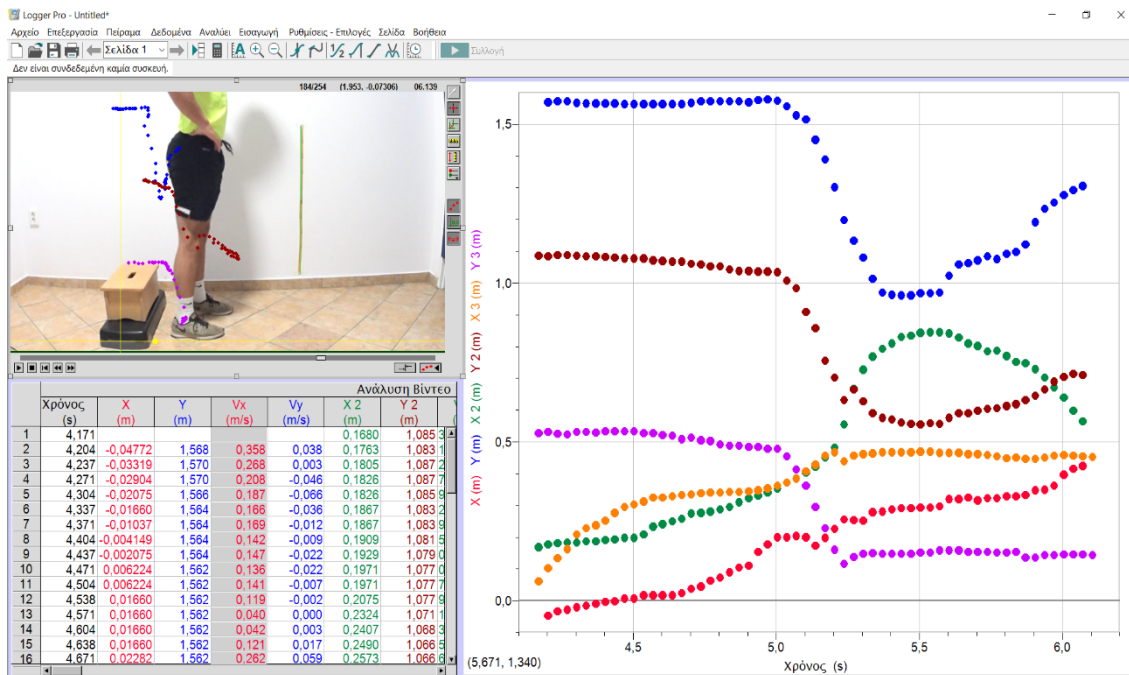
$$CV (\%) = \frac{SD}{MEAN} * 100$$

Επίσης, εφαρμόστηκε t-test μεταξύ α) της διποδικής με την μονοποδική χειρουργημένη, β) διποδικής με την μονοποδική υγιή και γ) της μονοποδικής χειρουργημένης με την μονοποδικής υγιή, προκειμένου να εξεταστούν οι σημαντικές διαφορές (με  $p < .05$ ).

Τέλος, με βάση το συντελεστή συσχέτιση ελέγχθηκαν τα δεδομένα του προγράμματος Kinovea και του Logger Pro και έδειξε υψηλή συσχέτιση 0,98.



Εικόνα 3.1 Απεικόνιση Ανάλυσης δεξιού ποδιού με το λογισμικό Kινοεα



Εικόνα 3.2 Απεικόνιση Ανάλυσης δεξιού ποδιού με το λογισμικό Logger Pro

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες και αναφέρονται α) στις γωνιακές μεταβολές του γονάτου, β) στη διποδική προσγείωση, γ) στη μονοποδική προσγείωση του υγιούς σκέλους και δ) στη μονοποδική προσγείωση του σκέλους με ΠΧΣ.

### 4.1 Γωνιακές Μεταβολές Γονάτου και Σύγκριση μεταξύ συνθηκών προσγείωσης

Στον πίνακα 4.1 δίνονται τα αποτελέσματα των γωνιακών μεταβολών στις τρεις (3) συνθήκες προσγείωσης του άλματος. Η συνθήκη της διποδικής προσγείωσης διαφέρει σημαντικά με τις υπόλοιπες δύο (2) συνθήκες ( $p < .003$  για την ΜΥ και  $p < .002$  για την ΜΠΧΣ).

**Πίνακας 4.1.** Γωνιακές μεταβολές (σε μοίρες) των τριών (3) συνθηκών προσγείωσης και σύγκριση μεταξύ αυτών.

| ΣΥΝΘΗΚΕΣ<br>STATISTICS | ΔΙΠΟΔΙΚΗ | ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΗ<br>Υ      | ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΗ<br>ΠΧΣ      | t-test                  |
|------------------------|----------|----------------------|------------------------|-------------------------|
| Mean                   | 89,6     | 102,4                | 105,4                  | Δ vs ΜΥ ,<br>$p < .003$ |
| SD                     | 16,0     | 13,4                 | 13,5                   | Δ vs ΜΠΧΣ<br>$P < .002$ |
| ΔΙΑΦΟΡΑ                |          | Δ-ΜΥ=12,8 ή<br>12,5% | Δ-ΜΠΧΣ=15,4 ή<br>15,0% | ΜΥ vs ΜΠΧΣ<br>$p < .01$ |

### 4.2. Εύρος γωνιακών μεταβολών γονάτου στις τρεις (3) συνθήκες προσγείωσης

Στους πίνακες 4.2, 4.3 και 4.4. παρατίθενται οι γωνιακές μεταβολές του γονάτου στις τρεις (3) συνθήκες προσγείωσης, με τα αντίστοιχα περιγραφικά στατιστικά της ελάχιστης (min), της μέγιστης (max), του μέσου όρου (mean), της τυπικής απόκλισης (sd) και του συντελεστής μεταβλητότητας (CV%), για το σύνολο των προσπαθειών κάθε ασκούμενου.

**Πίνακας 4.2.** Γωνίες της άρθρωσης του γονάτου στη Διποδική Προσγείωση (Min, Max, Mean, SD και CV %)

|          | Min         | Max  | Mean        |
|----------|-------------|------|-------------|
| Mean     | 81,7        | 99,4 | <b>89,6</b> |
| SD       | 14,9        | 16,1 | <b>16,0</b> |
| CV%      | 16,2        | 18,2 | <b>17,8</b> |
| Mean CV% | <b>18,6</b> |      |             |

**Πίνακας 4.3.** Γωνίες της άρθρωσης του γονάτου (υγιούς σκέλους) στη Μονοποδική Προσγείωση

|          | Min         | Max   | Mean         |
|----------|-------------|-------|--------------|
| Mean     | 96,0        | 109,5 | <b>102,0</b> |
| SD       | 12,6        | 14,2  | <b>13,4</b>  |
| CV%      | 13,0        | 13,1  | <b>13,2</b>  |
| Mean CV% | <b>13,7</b> |       |              |

**Πίνακας 4.4.** Γωνίες της άρθρωσης του γονάτου με ΠΧΣ στη Μονοποδική Προσγείωση

|          | Min         | Max   | Mean         |
|----------|-------------|-------|--------------|
| Mean     | 98,2        | 115,1 | <b>105,4</b> |
| SD       | 12,4        | 15,5  | <b>13,5</b>  |
| CV%      | 12,8        | 13,4  | <b>12,8</b>  |
| Mean CV% | <b>13,4</b> |       |              |

Με βάση τα αποτελέσματα επιβεβαιώνονται οι αρχικές υποθέσεις ότι : Α) Η διποδική προσγείωση εμφανίζει μικρότερες γωνίες κάμψης του γονάτου από ότι στην μονοποδική προσγείωση και Β) Η μονοποδική προσγείωση με το χειρουργημένο εμφανίζει μεγαλύτερες γωνίες κάμψης από ότι με το υγιές πόδι. Επίσης, τα αποτελέσματα έρχονται να συμφωνήσουν με τα αποτελέσματα της έρευνας του Xu, D. et al. (2021) καθώς η διαφορά της διποδικής προσγείωσης σε σχέση με την μονοποδική ήταν κατά 13,8 μοίρες μικρότερη στην διποδική. Στην έρευνα μας αυτή η διαφορά ήταν κατά μέσο όρο 14,13 μοίρες, πολύ κοντά με αυτή του Xu, D. et al. 2021.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα μελέτη είχε ως σκοπό την κινηματική σύγκριση της άρθρωσης του γονάτου, ως προς το οβελιαίο επίπεδο και κατά την προσγείωση σε άλμα από ύψος, όταν η προσγείωση εκτελείται με τα δύο άκρα (διποδική), με το υγιές άκρο (μονοποδική\_υ) και με το άκρο που έχει υποστεί ΠΧΣ και έχει χειρουργηθεί (μονοποδική\_πχσ).

Η οβελιαία γωνιακή μετατόπιση του γονάτου αποτελεί ένα από τα κριτήρια αξιολόγησης της υποχώρησης του ποδιού, σε δοκιμασία προσγείωσης που πραγματοποιείται κατά το άλμα από ύψος. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν πως προκύπτουν διαφορές μεταξύ της μονοποδικής προσγείωσης με πάσχον το γόνατο από τις άλλες δύο συνθήκες προσγείωσης, δηλ. τη διποδική ( $p < .002$ ) και τη μονοποδική στο υγιές άκρο ( $p < .003$ ).

Με τη δοκιμασία της προσγείωσης γίνεται αξιολόγηση ασυμμετριών, αλλά και έλεγχος κινήσεων υψηλού κινδύνου (Taylor, J. B. et al. 2016). Ένα άτομο που εμφανίζει μικρότερες μεταβολές του πάσχον γονάτου, δημιουργεί κατά την εκτέλεση ενός συνόλου κινήσεων, μεγάλες φορτίσεις που επιβαρύνουν την πάσχον μεριά, με κίνδυνο επανατραυματισμού (Ithurburn, M. P., et al. 2017). Σε στάδιο της αποκατάστασης είναι σημαντικό να εφαρμόζεται κινηματική ανάλυση για την αξιολόγηση του. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να ελέγχεται η κατάσταση του περιοδικά και να εφαρμόζονται προγράμματα παρέμβασης για την βελτίωση του. Ειδικά σε αθλήματα που είναι συχνή η μονοποδική προσγείωση, όπως η πετοσφαίριση και η καλαθοσφαίριση, συχνή αιτία τραυματισμού είναι χωρίς επαφή κατά την φάση προσγείωσης (Ali, N. et al. 2014). Η γωνία που εξετάστηκε σύμφωνα με την βιβλιογραφία έχει συσχετιστεί με την έκθεση του ΠΧΣ σε υψηλές φορτίσεις, συνεπώς και στο αυξημένο κίνδυνο τραυματισμού του ΠΧΣ (Ali, N., et al. (2014) and Laughlin, W. A. et al. (2011)).

Τα ευρήματα της εργασίας έρχονται σε συμφωνία με τη βιβλιογραφία (Laughlin, W. A et al. 2011 and Yeow, C. H. et al. 2011), καθώς η στρατηγική προσγείωσης αλλάζει, επειδή κατά την μονοποδική προσγείωση η συμμετοχή των αρθρώσεων του αστραγάλου και του ισχίου εμφανίζουν μεγαλύτερη συμμετοχή και μεγαλύτερες γωνιακές μεταβολές, με την άρθρωση του γονάτου να φορτίζεται περισσότερο καθώς αυξάνεται η κάμψη του. Η μειωμένη κάμψη σε συνδυασμό τη θέση που λαμβάνει το κάτω άκρο συμβάλουν σημαντικά στην φόρτιση του ΠΧΣ (Laughlin, W. A et al. 2011), καθώς οι εσωτερικές δυνάμεις που δέχεται η άρθρωση του γονάτου μπορεί να διαταραχθούν από τη μυϊκή



ενεργοποίηση των μυών του τετρακεφάλου και του γαστροκνημίου και να οδηγήσουν σε άνισες μυϊκές φορτίσεις και να χρειαστεί ο ΠΧΣ για την εξισορρόπηση τους. Όμως, αν οι συγκεκριμένες φορτίσεις είναι υπέρμετρες τότε ο σύνδεσμος έρχεται σε μεγαλύτερη επιμήκυνση και πολύ κοντά σε αστοχία και ρήξη (Hewett, T. E. Et al. 2005).

Για το ερευνητικό ερώτημα που αναφέρεται στη σύγκριση μεταξύ υγιούς μέλους και με ΠΧΣ η παρατηρούμενη διαφορά των 3,41 μοιρών δείχνει μια σχετική ασυμμετρία μετά τους 34 μήνες από το χειρουργείο.

Σύμφωνα με την έρευνα των Ithurburn, M. P. et al. 2017 τα άτομα με ασυμμετρία για τα κάτω άκρα, δείχνουν μειωμένη λειτουργική ικανότητα του γονάτου κατά την επιστροφή τους στον αθλητισμό. Μια πιθανή ασυμμετρία μπορεί να οδηγήσει και σε ενδεχόμενη κατάσταση τραυματισμού εάν ο ασκούμενος συνεχίσει τις αθλητικές του δραστηριότητες τόσο στο χειρουργημένο πόδι, αλλά και στο υγιές ( Wiggins, A. J., Grandhi, R. K., Schneider, D. K., Stanfield, D., Webster, K. E., & Myer, G. D. (2016)). Σύμφωνα με τους Wiggins, A. J. et al. 2016, ένας στους τέσσερες αθλητές που επιστρέφουν στην αθλητική δράση υφίστανται και δεύτερο τραυματισμό είτε στο ίδιο είτε στο ετερόπλευρο σκέλος. Σύμφωνα με τους Laughlin, W. A. et al. (2011) για την μείωση αυτών των φορτίσεων και του κινδύνου για τραυματισμό μια παρέμβαση αποτελεί την εκμάθηση των ασκούμενων σε μια πιο ομαλή προσγείωση, με σκοπό την αύξηση της γωνιακής μετατόπισης και κατά συνέπεια μείωση των φορτίσεων. Όσον αφορά την μονοποδική προσγείωση ενδιαφέρον υπάρχει στο γιατί η διαφορά μεταξύ υγιούς και χειρουργημένου είναι σημαντικά εμφανής. Οι Laughlin, W. A. et al. (2011) αναφέρουν ότι η σχέση γωνίας ισχίου με γόνατο σχετίζεται με την ενεργοποίηση των οπίσθιων μηριαίων μυών και οδηγεί σε μικρότερες γωνίες κάμψης του γονάτου. Ακόμα, οι Bakker, R. et al. (2016) αναφέρουν ότι σε υγιή άτομα η μέγιστη δύναμη του γαστροκνήμιου και των οπίσθιων μηριαίων μυών σε συνδυασμό την αυξημένη κνημιαία κλίση αυξάνει το μήκος του ΠΧΣ. Συνεπώς, η πιθανή απάντηση για τη διαφορά της γωνιακής μετατόπισης μπορεί οφείλεται στη μυϊκή ενεργοποίηση των οπίσθιων μηριαίων μυών. Επιπρόσθετα, οι Laughlin, W. A. et al. (2011) αναφέρουν ότι η εκδήλωση της μέγιστης δύναμης του ΠΧΣ επηρεάζεται από την τεχνική προσγείωσης και ειδικότερα στο κατά πόσο εύκαμπτη ή δύσκαμπτη θα είναι. Έτσι, σε μια πιο δύσκαμπτη προσγείωση ο ασκούμενος οδηγείται σε μικρότερη γωνία κάμψης του γονάτου και σε μεγαλύτερες φορτίσεις.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η παρούσα μελέτη σκοπό είχε να εξετάσει τη μηχανική συμπεριφορά του γονάτου με ΠΧΣ, σε κατάσταση προσγείωσης από άλμα, συγκριτικά με το υγιές γόνατο ή και συνδυαστικά με τα δύο άκρα. Τα ερευνητικά ερωτήματα όπως τέθηκαν εξ' αρχής αφορούσαν τα εξής :

Α) εάν η διποδική προσγείωση εμφανίζει μικρότερες γωνίες κάμψης γονάτου από την μονοποδική προσγείωση στο υγιές μέλος, ως προς το οβελιαίο επίπεδο,

Β) εάν η διποδική προσγείωση εμφανίζει μικρότερες γωνίες κάμψης γονάτου από τη μονοποδική προσγείωση στο μέλος που έχει χειρουργηθεί για ΠΧΣ, ως προς το οβελιαίο επίπεδο και

Γ) εάν κατά την μονοποδική στήριξη υγιούς μέλους και μέλους με ΠΧΣ υπάρχουν διαφορές ως προς τις γωνίες κάμψης του γονάτου ως προς το οβελιαίο επίπεδο.

Τα αποτελέσματα που συγκεντρώθηκαν από τριάντα (30) προσπάθειες ενός εθελοντικού δείγματος οκτώ (8) ασκούμενων αναλύθηκαν με ειδικά λογισμικά προγράμματα, στη συνέχεια ακολούθησε στατιστική περιγραφική ανάλυση και η συζήτηση επ' αυτών έδειξε πως η δυσδιάστατη κινηματική ανάλυση είναι εφαρμοστέα για να δώσει απαντήσεις στα πιο πάνω ερωτήματα.

Πράγματι, η διποδική προσγείωση με γωνιακές μεταβολές στο γόνατο της τάξης του 12,5% και 15,0% συγκριτικά με τη μονοποδική στήριξη στο υγιές γόνατο και στο γόνατο με ΠΧΣ αντιστοίχως, είναι σημαντικά διαφορετική και οφείλεται στην πιο αποδοτική απορρόφηση των δυνάμεων φόρτισης των άκρων. Οι μεγαλύτερες γωνίες κάμψης στις μονοποδικές στηρίξεις αποδίδεται στη ενδεχόμενη μη συγκράτηση του βάρους του σώματος και στην αύξηση των δυνάμεων φόρτισης, οι οποίες θα πρέπει να διαχειριστούν μόνον από τη μία πλευρά του σώματος.

Η οβελιαία γωνιακή αξιολόγηση από μόνη της, δείχνει τη μηχανική συμπεριφορά του γονάτου, καθώς και την τάση να εμφανίζει σημαντικές διαφορές όταν η προσγείωση εκτελείται με τα δύο άκρα. Ένας μελλοντικός σχεδιασμός μιας μελέτης που θα εξέταζε τόσο της μετωπιαία όσο και στρεπτική (στροφή) αξιολόγηση θα είχε να προσφέρει περισσότερα και έγκυρα στοιχεία για τη μηχανική συμπεριφορά του γονάτου.

Προς αυτή την κατεύθυνση θα απαιτείτο ενίσχυση της μεθοδολογίας είτε με καταγραφή και ανάλυση των εδαφικών δυνάμεων αντίδρασης κατά την προσγείωση, ή ακόμη και με την εφαρμογή αδρανειακών αισθητήρων, οι οποίοι τοποθετημένοι στα

γειτονικά μέλη του σώματος (δηλ. μηρός και κνήμη) θα έδινε την πλήρη κινηματική γωνιακή μεταβολή του γονάτου, αλλά και των φορτίων που δέχεται το σώμα κατά την επαφή με το έδαφος.

Επίσης, η ηλεκτρομυογραφική προσέγγιση και ειδικότερα η ανίχνευση της ενεργοποίησης των μυών που περιβάλλουν την άρθρωση του γονάτου, θα ενίσχυε το σχεδιασμό μιας μελλοντικής μελέτης.

Συμπερασματικά, με τη μελέτη αυτή επιδιώχθηκε να εξεταστεί η οβελιαία γωνιακή μεταβολή της άρθρωσης του γονάτου με ΠΧΣ και να συγκριθεί με το υγιές γόνατο ή και με τη σύμμετρη συμμετοχή στην προσγείωση και των δύο άκρων. Σχεδιάστηκε με απλό τρόπο και κατέληξε στο παραπάνω συμπέρασμα, το οποίο μπορεί να επιβεβαιωθεί σε μελλοντικές έρευνες ή και να ενισχυθεί προς όφελος της μυοσκελετικής υγείας των ασκούμενων.

## BIBΛIOΓΡΑΦΙΑ

- Ali, N., Robertson, D. G. E., & Rouhi, G. (2014). Sagittal plane body kinematics and kinetics during single-leg landing from increasing vertical heights and horizontal distances: Implications for risk of non-contact ACL injury. *The Knee*, *21*(1), 38-46.
- Barenius, B., Forssblad, M., Engström, B., & Eriksson, K. (2013). Functional recovery after anterior cruciate ligament reconstruction, a study of health-related quality of life based on the Swedish National Knee Ligament Register. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *21*(4), 914-927.
- Bakker, R., Tomescu, S., Brennehan, E., Hangalur, G., Laing, A., & Chandrashekar, N. (2016). Effect of sagittal plane mechanics on ACL strain during jump landing. *Journal of Orthopaedic Research*, *34*(9), 1636-1644.
- Benjaminse, A., Webster, K. E., Kimp, A., Meijer, M., & Gokeler, A. (2019). Revised approach to the role of fatigue in anterior cruciate ligament injury prevention: a systematic review with meta-analyses. *Sports medicine*, *49*(4), 565-586.
- Boden, B. P., Dean, G. S., Feagin, J. A., & Garrett, W. E. (2000). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury.
- Chinnasee, C., Weir, G., Sasimontongkul, S., Alderson, J., & Donnelly, C. (2018). A biomechanical comparison of single-leg landing and unplanned sidestepping. *International journal of sports medicine*, *39*(08), 636-645.
- Chen, A. J., Tatarski, R. L., Perry, J., Quatman, C. E., Hewett, T. E., & Di Stasi, S. (2020). Single-leg hop mechanics are correlated with self-reported knee function early after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clinical Biomechanics*, *73*, 35-45.
- Ithurburn, M. P., Paterno, M. V., Ford, K. R., Hewett, T. E., & Schmitt, L. C. (2017). Young athletes after anterior cruciate ligament reconstruction with single-leg landing asymmetries at the time of return to sport demonstrate decreased knee function 2 years later. *The American journal of sports medicine*, *45*(11), 2604-2613. 30
- Herrington, L., Alenezi, F., Alzhrani, M., Alrayani, H., & Jones, R. (2017). The reliability and criterion validity of 2D video assessment of single leg squat and hop landing. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *34*, 80-85.
- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt Jr, R. S., Colosimo, A. J., McLean, S. G., ... & Succop, P. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *The American journal of sports medicine*, *33*(4), 492-501.
- Kamath, G. V., Murphy, T., Creighton, R. A., Viradia, N., Taft, T. N., & Spang, J. T. (2014). Anterior cruciate ligament injury, return to play, and reinjury in the elite collegiate athlete: analysis of an NCAA Division I cohort. *The American journal of sports medicine*, *42*(7), 1638-1643.

- Laughlin, W. A., Weinhandl, J. T., Kernozek, T. W., Cobb, S. C., Keenan, K. G., & O'Connor, K. M. (2011). The effects of single-leg landing technique on ACL loading. *Journal of biomechanics*, *44*(10), 1845-1851.
- Moran, K. A., & Wallace, E. S. (2007). Eccentric loading and range of knee joint motion effects on performance enhancement in vertical jumping. *Human movement science*, *26*(6), 824-840.
- Setuain, I., Millor, N., González-Izal, M., Gorostiaga, E. M., Gómez, M., Alfaro-Adrián, J., ... & Izquierdo, M. (2015). Biomechanical jumping differences among elite female handball players with and without previous anterior cruciate ligament reconstruction: a novel inertial sensor unit study. *Sports biomechanics*, *14*(3), 323-339.
- Schmitt, L. C., Paterno, M. V., & Hewett, T. E. (2012). The impact of quadriceps femoris strength asymmetry on functional performance at return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction. *journal of orthopaedic & sports physical therapy*, *42*(9), 750-759.
- Sugimoto, D., Alentorn-Geli, E., Mendiguchía, J., Samuelsson, K., Karlsson, J., & Myer, G. D. (2015). Biomechanical and neuromuscular characteristics of male athletes: implications for the development of anterior cruciate ligament injury prevention programs. *Sports Medicine*, *45*(6), 809-822.
- Taylor, J. B., Ford, K. R., Nguyen, A. D., & Shultz, S. J. (2016). Biomechanical comparison of single-and double-leg jump landings in the sagittal and frontal plane. *Orthopaedic journal of sports medicine*, *4*(6), 2325967116655158.
- Xu, D., Jiang, X., Cen, X., Baker, J. S., & Gu, Y. (2021). Single-Leg Landings Following a Volleyball Spike May Increase the Risk of Anterior Cruciate Ligament Injury More Than Landing on Both-Legs. *Applied Sciences*, *11*(1), 130.
- Yeow, C. H., Lee, P. V. S., & Goh, J. C. H. (2011). An investigation of lower extremity energy dissipation strategies during single-leg and double-leg landing based on sagittal and frontal plane biomechanics. *Human movement science*, *30*(3), 624-635.
- Zhao, X., & Gu, Y. (2019). Single leg landing movement differences between male and female badminton players after overhead stroke in the backhand-side court. *Human movement science*, *66*, 142-148.
- Wiggins, A. J., Grandhi, R. K., Schneider, D. K., Stanfield, D., Webster, K. E., & Myer, G. D. (2016). Risk of secondary injury in younger athletes after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *The American journal of sports medicine*, *44*(7), 1861-1876.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών  
ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837



### Ενημερωτικό Σημείωμα

Στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας του φοιτητή **Λουκά Φινέ** (αριθμός τηλεφώνου : 6981175668 και lukasfines.p@gmail.com) καλείστε να συμμετάσχετε σε μελέτη με τίτλο «Κινηματική σύγκριση μεταξύ μονοποδικής και διποδικής προσγείωσης από χαμηλό ύψος, ατόμων με ανασυγκρότηση του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου».

Η μελέτη επιβλέπεται από τον Καθηγητή Κων/νος Μπουντόλο (αριθ. τηλ. +30 2107276079 & cbountol@phed.uoa.gr).

Η ερευνητική πρόταση έχει εγκριθεί με την υπ' αριθμό 1260/17-02-2021 απόφαση της Επιτροπής Ερευνητικής Δεοντολογίας-Βιοηθικής της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού.

#### Σκοπός της μελέτης

Σκοπός της μελέτης να εξεταστούν οι κινηματικές διαφορές, ως προς δισδιάστατο κυρίως επίπεδο, που ενδεχόμενα εκδηλώνονται σε άτομα με ανασυγκρότηση του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου (γόνατο) και σε διαφορετικές συνθήκες εκτέλεσης δοκιμασιών αλμάτων από ύψος.

Η σκοπιμότητα της μελέτης έγκειται στη διερεύνηση πιθανών διαφορών ή και ελλειμμάτων που εμφανίζονται σε δοκιμασία προσγείωσης του ατόμου από χαμηλό ύψος.

#### Μέθοδος

Μεθοδολογικά η μελέτη θα βασιστεί στη λήψη με βίντεο και τη δισδιάστατη κινηματική ανάλυση των προσπαθειών, μέσω δύο προγραμμάτων ανάλυσης (λογισμικών).

Έχει ληφθεί πρόνοια για την προστασία της εμπιστευτικότητας, καθώς η καταγραφή των δεδομένων θα κωδικοποιηθεί μόνο με τα αρχικά του ονοματεπώνυμου κάθε δοκιμαζόμενου.

Οι σχετικές μετρήσεις θα διεξαχθούν μεταξύ 12<sup>ης</sup> και 20<sup>ης</sup> 4/2021 και ο κάθε δοκιμαζόμενος θα χρειαστεί να προσέλθει μια φορά, όπου ο χρόνος απασχόλησης θα είναι μικρότερος των 60 min. Στα ατομικά αποτελέσματα ο κάθε συμμετέχων μπορεί να έχει σχετική ενημέρωση, ενώ τα στατιστικά αποτελέσματα μπορούν να δημοσιοποιηθούν σε επιστημονικές εκδηλώσεις. Η σχετική μελέτη στοχεύει στην παραγωγή γνώσης και δεν εξυπηρετεί σκοπούς εκμετάλλευσης.

#### Δήλωση Συγκατάθεσης

Δηλώνω ότι: α) διάβασα και κατανόησα το περιεχόμενο της μελέτης με τίτλο «Κινηματική σύγκριση μεταξύ μονοποδικής και διποδικής προσγείωσης από χαμηλό ύψος, ατόμων με ανασυγκρότηση του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου», η οποία διεξάγεται από το Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, β) μου δόθηκε το δικαίωμα να υποβάλλω διευκρινιστικές ερωτήσεις, γ) μου δόθηκε το δικαίωμα να αποφασίσω αν θα συμμετάσχω ή όχι, δ) η συμμετοχή μου είναι εντελώς εθελοντική, ε) έχω δικαίωμα να διατηρήσω την ανωνυμία μου και στ) έχω δικαίωμα να διακόψω κάθε προσπάθεια όποτε θελήσω, χωρίς να έχω την υποχρέωση να εξηγήσω τους λόγους.

Ονοματεπώνυμο δηλούντος ή χρήσης κωδικού ή αρχικών .....

Υπογραφή .....

Υπογραφή ερευνητή .....

Ημερομηνία.....

**Πίνακας 8.1** Πίνακας Δεδομένων από Κίνονεα προσπαθειών της διποδικής προσγείωσης

| Πtv.8.1 | ΔΠΠ/ΙΚΗ |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |              |      |      |
|---------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|------|------|
| A/A     | 1       | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | MAX | MIN | mean         | sd   | cv % |
| 1       | 89      | 78  | 70  | 70  | 73  | 71  | 76  | 72  | 68  | 69  | 89  | 68  | <b>73,6</b>  | 6,24 | 8,48 |
| 2       | 86      | 88  | 98  | 107 | 92  | 103 | 100 | 99  | 97  | 95  | 107 | 86  | <b>96,5</b>  | 6,49 | 6,72 |
| 3       | 114     | 109 | 110 | 112 | 108 | 103 | 99  | 112 | 107 | 105 | 114 | 99  | <b>107,9</b> | 4,58 | 4,25 |
| 4       | 100     | 105 | 101 | 94  | 96  | 95  | 92  | 94  | 92  | 94  | 105 | 92  | <b>96,3</b>  | 4,30 | 4,46 |
| 5       | 84      | 79  | 70  | 78  | 71  | 67  | 79  | 69  | 68  | 71  | 84  | 67  | <b>73,6</b>  | 5,85 | 7,95 |
| 6       | 102     | 95  | 92  | 101 | 92  | 99  | 87  | 82  | 80  | 84  | 102 | 80  | <b>91,4</b>  | 7,95 | 8,69 |
| 7       | 70      | 67  | 71  | 73  | 62  | 68  | 65  | 70  | 65  | 71  | 73  | 62  | <b>68,2</b>  | 3,43 | 5,02 |
| 8       | 121     | 110 | 107 | 106 | 109 | 118 | 102 | 100 | 111 | 109 | 121 | 100 | <b>109,3</b> | 6,43 | 5,88 |

**Πίνακας 8.2** Πίνακας Δεδομένων από Κίνονεα προσπαθειών της μονοποδικής προσγείωσης υγιούς

| Πtv.8.2 | ΜΟΝ ΥΓΙΕΣ |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |              |       |      |
|---------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|-------|------|
| A/A     | 1         | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | MAX | MIN | mean         | sd    | cv % |
| 1       | 90        | 94  | 90  | 100 | 95  | 89  | 95  | 91  | 86  | 86  | 100 | 86  | <b>91,6</b>  | 4,402 | 4,81 |
| 2       | 111       | 118 | 130 | 115 | 115 | 110 | 116 | 121 | 114 | 107 | 130 | 107 | <b>115,7</b> | 6,430 | 5,56 |
| 3       | 110       | 109 | 107 | 108 | 104 | 114 | 111 | 114 | 112 | 105 | 114 | 104 | <b>109,4</b> | 3,471 | 3,17 |
| 4       | 104       | 111 | 104 | 94  | 107 | 103 | 111 | 108 | 103 | 105 | 111 | 94  | <b>105,0</b> | 4,899 | 4,67 |
| 5       | 98        | 95  | 92  | 109 | 100 | 93  | 92  | 98  | 96  | 92  | 109 | 92  | <b>96,5</b>  | 5,255 | 5,45 |
| 6       | 115       | 115 | 112 | 111 | 110 | 106 | 110 | 109 | 108 | 111 | 115 | 106 | <b>110,7</b> | 2,830 | 2,56 |
| 7       | 75        | 78  | 74  | 74  | 73  | 73  | 81  | 77  | 78  | 72  | 81  | 72  | <b>75,5</b>  | 2,877 | 3,81 |
| 8       | 116       | 114 | 114 | 110 | 113 | 109 | 114 | 107 | 112 | 110 | 116 | 107 | <b>111,9</b> | 2,807 | 2,51 |

**Πίνακας 8.3** Πίνακας Δεδομένων από Κίνονεα προσπαθειών της μονοποδικής προσγείωσης χειρουργημένου

| Πtv.8.3 | ΜΟΝ ΠΧΣ |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |              |      |      |
|---------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|------|------|
| A/A     | 1       | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | MAX | MIN | mean         | sd   | cv % |
| 1       | 112     | 96  | 92  | 103 | 105 | 97  | 90  | 109 | 96  | 95  | 112 | 90  | <b>99,5</b>  | 7,35 | 7,39 |
| 2       | 121     | 112 | 127 | 117 | 122 | 113 | 114 | 119 | 115 | 117 | 127 | 112 | <b>117,7</b> | 4,64 | 3,95 |
| 3       | 125     | 115 | 113 | 116 | 111 | 114 | 114 | 111 | 118 | 106 | 125 | 106 | <b>114,3</b> | 4,99 | 4,37 |
| 4       | 112     | 103 | 104 | 114 | 108 | 104 | 101 | 105 | 106 | 109 | 114 | 101 | <b>106,6</b> | 4,12 | 3,86 |
| 5       | 100     | 97  | 99  | 102 | 99  | 102 | 123 | 101 | 115 | 101 | 123 | 97  | <b>103,9</b> | 8,32 | 8,01 |
| 6       | 120     | 112 | 112 | 115 | 115 | 110 | 113 | 111 | 105 | 109 | 120 | 105 | <b>112,2</b> | 4,02 | 3,58 |
| 7       | 74      | 73  | 76  | 72  | 76  | 76  | 78  | 79  | 76  | 76  | 79  | 72  | <b>75,6</b>  | 2,12 | 2,80 |
| 8       | 121     | 111 | 119 | 114 | 114 | 117 | 118 | 112 | 103 | 107 | 121 | 103 | <b>113,6</b> | 5,58 | 4,91 |