

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΤΙΤΛΟΣ

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΟΠΩΣΗΣ ΠΡΟΚΑΛΟΥΜΕΝΗΣ ΑΠΟ ΑΓΩΝΑ  
ΚΑΛΑΘΟΣΦΑΙΡΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗΣ ΑΠΟ ΑΛΜΑ

Του

Νικόλαου Λιβέρη

Επιβλέπων Καθηγητής

Αθανάσιος Τσιόκανος

Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Άσκηση και Υγεία» του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Έτος ολοκλήρωσης της διατριβής

2018

© 2018

Nikolaos Liveris

**ALL RIGHTS RESERVED**

## Ευχαριστίες

Για την συνεισφορά τους στην ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου διατριβής θα ήθελα να ευχαριστήσω:

Τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Αθανάσιο Τσιόκανο, για την βοήθεια του ώστε να ολοκληρωθεί αυτό το βασικό βήμα για την ολοκλήρωση των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Τον Παναγιώτη Τσιμεά, όπου με βοήθησε αρκετά στο πρακτικό κομμάτι των μετρήσεων, αλλά και στον τρόπο σκέψης για την πραγματοποίηση μιας μελέτης.

Τους φοιτητές του ΤΕΦΑΑ Τρικάλων που έλαβαν μέρος στην μελέτη, αλλά και των διδακτορικό φοιτητή Γεράσιμο Γρίβα που συνέβαλε στις μετρήσεις.

Τέλος, τη σύζυγο μου Χάρις Τσαρμπού για την ανοχή, πρακτική συμβολή, και υποστήριξη της.

## Περίληψη

*Εισαγωγή:* Ο Τραυματισμός του ΠΧΣ αποτελεί έναν από τους συχνότερους και σοβαρότερους τραυματισμούς κατά τις αθλητικές δραστηριότητες, όπως και κατά την καλαθοσφαίριση. Η πρόληψη του τραυματισμού αποτελεί την ασφαλέστερη λύση για την αντιμετώπισή του. Η κόπωση παρουσιάζεται ως ένας βασικός παράγοντας που συμβάλλει στον τραυματισμό, ενώ η προσγείωση από άλμα σχετίζεται άμεσα με τον κάκωση του ΠΧΣ.

*Σκοπός:* Να διερευνηθεί η επίδραση που μπορεί να έχει η προκαλούμενη κόπωση από έναν αγώνα καλαθοσφαίρισης στην εμβιομηχανική της προσγείωσης από άλμα.

*Υπόθεση:* Μετά τον αγώνα οι αθλητές θα παρουσιάζουν περισσότερα εμβιομηχανικά σφάλματα κατά την προσγείωση, που πιθανόν θα τους κάνουν πιο επιρρεπείς σε έναν τραυματισμό.

*Μέθοδος:* 16 ερασιτέχνες αθλητές καλαθοσφαίρισης (ηλικία  $20.2 \pm 1.2$  έτη, σωματική μάζα  $77.8 \pm 11$  kg), φοιτητές του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού [ΤΕΦΑΑ] του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, έλαβαν μέρος στη μελέτη. Έγινε έλεγχος της εμβιομηχανικής της προσγείωσης από άλμα, μέσω του κλινικού εργαλείου Landing Error Scoring System (LESS), πριν και μετά την πραγματοποίηση ενός αγώνα καλαθοσφαίρισης. Το επίπεδο κόπωσης αξιολογήθηκε με την εξέταση του μέγιστου κατακόρυφου άλματος πριν και μετά την παρέμβαση, αλλά και με το υποκειμενικό αίσθημα κόπωσης μέσω της κλίμακας Borg. Κριτήριο t για εξαρτημένα δείγματα χρησιμοποιήθηκε για τη στατιστική ανάλυση, με επίπεδο σημαντικότητας  $p < 0,05$ .

*Αποτελέσματα:* Μετά την παρέμβαση το κατακόρυφο άλμα μειώθηκε σημαντικά (36,7 cm πριν, έναντι 34,4 cm μετά). Το υποκειμενικό αίσθημα της κόπωσης, όπως μετρήθηκε με την κλίμακα Borg, ήταν  $11,9 \pm 1,9$ , που υποδηλώνει μέτρια κόπωση. Αλλαγές παρατηρήθηκαν

και στην εμβιομηχανική της προσγείωσης, όπως μετρήθηκε με το LESS (7.1 πριν έναντι 7.7 μετά). Μεγαλύτερες τιμές στο LESS υποδηλώνουν εμβιομηχανική προσγείωσης αυξημένου ρίσκου.

*Συμπεράσματα:* Παρόλη την μικρή κόπωση, παρουσιάστηκε χειρότερη εμβιομηχανική της προσγείωσης μετά από έναν αγώνα καλαθοσφαίρισης. Η ένταξη του παράγοντα της κόπωσης στα προγράμματα πρόληψης τραυματισμών θα ήταν ωφέλιμη.

*Λέξεις κλειδιά:* κόπωση, προσγείωση, κάτω άκρο, εμβιομηχανική, καλαθοσφαίριση

## Abstract

*Background:* Anterior cruciate ligament is an athletic injury with high incidence and severity. This type of injury is observed also in basketball. The prevention of ACL injuries is the only way in order to prevent the long term consequences of that type of injury. Fatigue is an injury risk factor, whereas landing is a task closely related with the mechanism of injury.

*Aim:* To examine the effect of a basketball match – induced fatigue on the lower limb biomechanics during landing.

*Hypothesis:* the lower limb biomechanics during landing will be affected significantly after the match – induced fatigue.

*Methods:* 16 recreational basketball athletes (age  $20.2 \pm 1.2$  years, body mass  $77.8 \pm 11$  kg), students of the Department of Physical Education & Sport Science, University of Thessaly, took part in this study. Landing biomechanics was assessed before and after a basketball match by Landing Error Scoring System (LESS). Fatigue measured by vertical jump before and after intervention and by Borg Rating of Perceived Exertion Scale. Dependent t – test were used for statistical analysis, with level of significant  $p < 0.05$ .

*Results:* After intervention, vertical jump was reduced significantly (36.7 cm before, 34.4 cm after). Borg scale was  $11.9 \pm 1.9$ , considered medium level of fatigue. Additionally, changes observed in the landing biomechanics since the LESS scores was significantly higher after the intervention (7.1 before, 7.7 after). Higher LESS scores indicate poorer landing biomechanics.

*Conclusions:* After a basketball match, the biomechanics of landing was negatively affected. It will be beneficial to be integrated components coping with fatigue in the injuries prevention program.

*Key words:* fatigue, landing, lower limb, biomechanics, basketball

## Περιεχόμενα

Λίστα με πίνακες.....	9
Λίστα με εικόνες .....	10
Λίστα συντημήσεων .....	11
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	12
1.1 Επιδημιολογία αθλητικών τραυματισμών.....	12
1.2 Τραυματισμοί κάτω άκρων στην καλαθοσφαίριση .....	12
1.3 Ο τραυματισμός του πρόσθιου χιαστού .....	14
1.4 Μηχανισμός τραυματισμού ΠΧΣ.....	16
1.5 Παράγοντες κινδύνου για τραυματισμό και η κόπωση ως παράγοντας.....	17
1.6 Αξιολόγηση των παραγόντων κινδύνου.....	19
1.7 Αναγκαιότητα και σκοπός της μελέτης.....	19
Κεφάλαιο 2: Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας .....	21
2.1 Πρωτόκολλα κόπωσης .....	21
2.2 Πρωτόκολλα περιφερικής κόπωσης .....	22
2.3 Πρωτόκολλα γενικής κόπωσης.....	22
2.4 Επίπεδο κόπωσης.....	24
2.5 Έλεγχος της προσγείωσης από άλμα .....	25
Κεφάλαιο 3: Μεθοδολογία .....	27
3.1 Δείγμα.....	27
3.2 Διαδικασία.....	28
3.2.1 Δοκιμασία προσγείωσης από άλμα «Landing Error Scoring System (LESS)».....	29
3.2.2 Δοκιμασία μέγιστου κατακόρυφου άλματος .....	32
3.3 Δεδομένα μέτρησης και ανάλυση.....	33
3.4 Στατιστική ανάλυση.....	33
Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα .....	34
Κεφάλαιο 5: Συζήτηση .....	36
5.1 Ελλείψεις και περιορισμοί της μελέτης .....	39
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα και προτάσεις.....	40
Κεφάλαιο 7: Βιβλιογραφία .....	41
Παράρτημα 1: Έντυπο συναίνεσης .....	45
Παράρτημα 2: Ερωτηματολόγια – Φόρμα αποτελεσμάτων.....	47
Παράρτημα 3: Επεξήγηση τρόπου βαθμολόγησης Landing Error Scoring System (LESS) .....	50



## Λίστα με πίνακες

<i>Πίνακας 1: Ενδεικτικές επιδημιολογικές μελέτες για τους τραυματισμούς στην καλαθοσφαίριση</i>	14
<i>Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων</i>	27
<i>Πίνακας 3: Προσφορά συμβουλών προσγείωσης</i>	28
<i>Πίνακας 4: Συμμετοχή σε πρόγραμμα πρόληψης</i>	28
<i>Πίνακας 5: Κατακόρυφο άλμα</i>	34
<i>Πίνακας 6: Κλίμακα Borg</i>	34
<i>Πίνακας 7: Landing Error Scoring System (LESS)</i>	34

## Λίστα με εικόνες

<i>Εικόνα 1: Καλαθοσφαιριστής τη στιγμή του τραυματισμού του ΠΧΣ στο αριστερό πόδι κατά την προσγείωση .....</i>	<i>16</i>
<i>Εικόνα 2: Περιγραφή της σύνθετης διαδικασίας που οδηγεί στην εμφάνιση ενός τραυματισμού (Bahr &amp; Krosshaug, 2005). .....</i>	<i>18</i>
<i>Εικόνα 3: Διαδικασία αξιολόγησης της προσγείωσης. ....</i>	<i>30</i>
<i>Εικόνα 4: Διάταξη χώρου κατά την εκτέλεση της δοκιμασίας Landing Error Scoring System (LESS).....</i>	<i>31</i>
<i>Εικόνα 5: Δοκιμασία προσγείωσης (LESS), αρχική επαφή, στο οβελιαίο και προσθιοπίσθιο επίπεδο. ....</i>	<i>32</i>
<i>Εικόνα 6: Δοκιμασία προσγείωσης (LESS), μέγιστη κάμψη γόνατος, στο οβελιαίο και προσθιοπίσθιο επίπεδο.....</i>	<i>32</i>

## **Λίστα συντμήσεων**

ΠΧΣ = Πρόσθιος Χιαστός Σύνδεσμος

LESS = Landing Error Scoring System

## **Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή**

### **1.1 Επιδημιολογία αθλητικών τραυματισμών**

Τα κάτω άκρα φαίνεται να αποτελούν τα μέλη με τους πιο συχνούς τραυματισμούς στα διάφορα αθλήματα (Hootman, Dick, & Agel, 2007; Soligard et al., 2017). Ένα μεγάλο εύρος τραυματισμών στα κάτω άκρα παρατηρείται κατά τη διάρκεια των αθλητικών δραστηριοτήτων (Majewski, Susanne, & Klaus, 2006). Ο πιο συχνός τραυματισμός, μεταξύ όλων των αθλημάτων, φαίνεται να είναι το διάστρεμμα στην ποδοκνημική άρθρωση, βάσει μιας μεγάλης μελέτης σχετικά με τα κολεγιακά αθλήματα, ενώ ο τραυματισμός του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου (ΠΧΣ) και η διάσειση φαίνεται να αυξάνονται σημαντικά με την πάροδο του χρόνου (Hootman et al., 2007). Οι τραυματισμοί στην άρθρωση του γόνατος αποτελούν ένα μεγάλο ποσοστό των τραυματισμών στα κάτω άκρα (Majewski et al., 2006), ενώ σε μια μεγάλη μελέτη σχετικά με τη συχνότητα τραυματισμών κατά τη διάρκεια των Ολυμπιακών Αγώνων το 2016, το γόνατο αποτελούσε την άρθρωση με τους περισσότερους τραυματισμούς (Soligard et al., 2017). Επιπλέον, ο τραυματισμός του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου (ΠΧΣ) αποτελεί τον συχνότερο τραυματισμό στο γόνατο (Majewski et al., 2006). Επίσης συχνόί είναι οι τραυματισμοί του έσω μηνίσκου, του έσω πλάγιου συνδέσμου, αλλά και του έξω μηνίσκου και των υπόλοιπων συνδέσμων, σε μικρότερο ποσοστό (Majewski et al., 2006).

### **1.2 Τραυματισμοί κάτω άκρων στην καλαθοσφαίριση**

Η καλαθοσφαίριση αποτελεί ένα άθλημα με μια από τις μεγαλύτερες συχνότητες τραυματισμού μεταξύ των ομαδικών αθλημάτων, με συχνότητα τραυματισμού που κυμαίνεται από 7 με 10 τραυματισμοί ανά 1000 εκθέσεις στη δραστηριότητα (Dick, Hertel, Agel, Grossman, & Marshall, 2007). Εκθέτει τους συμμετέχοντες σε μεγάλο εύρος φορτίων (Hulka, Lehnert, & Belka, 2017) και χαρακτηρίζεται από διακοπτόμενη, υψηλής έντασης

δραστηριότητα, και απαιτεί τη συμμετοχή σε άλματα, σπριντ, πλάγιες μετατοπίσεις, αλλαγές κατεύθυνσης (Freitas, Calleja-Gonzalez, Alarcon, & Alcaraz, 2016). Στη διάρκεια του αθλήματος πραγματοποιούνται πολλές στροφικές κινήσεις, και ως αποτέλεσμα αυτού παρατηρείται μεγάλο εύρος τραυματισμών στα κάτω άκρα, οι οποίοι αποτελούν πάνω από το 50% των συνολικών τραυματισμών (Dick et al., 2007; Hulka et al., 2017). Πιο συγκεκριμένα, οι επαναλαμβανόμενες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις, που απαιτούνται για τις εξειδικευμένες κινήσεις του αθλήματος, και επιπλέον το γεγονός ότι πραγματοποιούνται σε ένα σχετικά μικρό χώρο εκθέτουν τους ιστούς σε έντονη φυσιολογική και μηχανική τάση στα κάτω άκρα, οδηγώντας σε αύξηση των πιθανοτήτων τραυματισμού (Scanlan et al., 2017). Η άρθρωση του γόνατος θεωρείται ως ένα από τα συχνότερα σημεία τραυματισμού (Kilic, Van Os, Kemler, Barendrecht, & Gouttebarga, 2018), και χαρακτηριστικό είναι ότι σε νέους αθλητές (10 – 19 ετών) αποτελεί το 37% του συνόλου των τραυματισμών, με το 30% αυτών των τραυματισμών να αφορά τη ρήξη του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου (ΠΧΣ) (Scanlan et al., 2017). Ωστόσο, τη μεγαλύτερη συχνότητα τραυματισμού φαίνεται να παρουσιάζουν οι συνδεσμικές κακώσεις στην ποδοκνημική άρθρωση, τόσο στους άνδρες όσο και στις γυναίκες (Agel et al., 2007; Dick et al., 2007; Taylor, Ford, Nguyen, Terry, & Hegedus, 2015) (Πίνακας 1).

Αρκετές μελέτες έχουν καταγράψει τα φορτία που δέχονται οι αθλητές κατά τη διάρκεια ενός αγώνα μπάσκετ. Έχει φανεί ότι κατά τη διάρκεια του αγώνα η μέση καρδιακή συχνότητα είναι περίπου στο 87-91% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας. Επίσης, σχετικά με τα εξωτερικά φορτία, η απόσταση που καλύπτεται είναι μεταξύ 4500 και 6300 μέτρων. Ο αριθμός των αλλαγών κατεύθυνσης και ο αριθμός των επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων ποικίλει από 800 ως 1050. Ένα ακόμα ενδιαφέρον στοιχείο είναι ο αριθμός των αλμάτων (είτε με το ένα είτε με τα δύο πόδια), ο οποίος είναι μεταξύ 40 και 50 ανά αγώνα (Hulka et al., 2017).

**Πίνακας 1: Ενδεικτικές επιδημιολογικές μελέτες για τους τραυματισμούς στην καλαθοσφαίριση**

Ερευνητές	Αγωνιστικό επίπεδο, ηλικία, φύλλο	Συχνότητα τραυματισμού (τραυματισμός/1000 εκθέσεις στο άθλημα)	Συχνότερες περιοχές τραυματισμού
(Agel et al., 2007)	Γυναίκες κολεγιακού επιπέδου	7,68 (αγώνα) 3,99 (προπόνηση)	Κάτω άκρα 60% Πιο συχνοί τραυματισμοί: Ποδοκνημική Γόνατο Μυοτενόντιος τραυματισμός στον μηρό
(Dick et al., 2007)	Άνδρες κολεγιακού επιπέδου	9.9 (αγώνα) 4.3 (προπόνηση)	Κάτω άκρα 60% Ποδοκνημική (26%) Γόνατο (περίπου 10%)
(Hootman et al., 2007)	Άνδρες-γυναίκες κολεγιακού επιπέδου	7.7 (γυναίκες) 9.9 (άνδρες)	Κάτω άκρα (πάνω από 50%) Ποδοκνημική (26% άνδρες, 24% γυναίκες) ΠΧΣ (1.4% άνδρες, 4.9% γυναίκες)
(Kilic et al., 2018)	Ερασιτέχνες αθλητές	10.1 (κατά την διάρκεια του αγώνα)	Οι τραυματισμοί στην ποδοκνημική και το γόνατο είναι οι συχνότεροι

### 1.3 Ο τραυματισμός του πρόσθιου χιαστού

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση των τραυματισμών του ΠΧΣ, παρόλη τη μεγάλη ερευνητική ενασχόληση με το θέμα. Συγκεκριμένα, παρατηρείται μια αύξηση των τραυματισμών περίπου 400 φορές περισσότερο τα τελευταία 20χρόνια (Bell, Pennuto, & Trigsted, 2016). Το μεγαλύτερο ποσοστό των τραυματισμών φαίνεται να συμβαίνει κατά τη διάρκεια αθλητικών δραστηριοτήτων, με το ποδόσφαιρο και το σκι να έχουν τη μεγαλύτερη συχνότητα, αλλά και την καλαθοσφαίριση, όπως και τα άλλα ομαδικά αθλήματα να

παρουσιάζουν αυξημένα ποσοστά τραυματισμών (AgeI, Rockwood, & Klossner, 2016; Majewski et al., 2006).

Μετά τον τραυματισμό ένα σημαντικό ποσοστό αθλητών δεν επιστρέφει στο επίπεδο δραστηριότητας πριν το τραυματισμό (Ardern, Webster, Taylor, & Feller, 2011). Από μια μελέτη, σχετικά με την επιστροφή στο ποδόσφαιρο μετά τον τραυματισμό του ΠΧΣ, φαίνεται ότι μόνο το 72% των ασθενών που πραγματοποίησαν επιτυχημένη χειρουργική ανακατασκευή του ΠΧΣ και αποκατάσταση επιστρέφουν στο επίπεδο δραστηριότητας πριν τον τραυματισμό (Brophy et al., 2012). Επίσης προκύπτει ότι, παρότι μετά τη χειρουργική ανακατασκευή το 90% παρουσιάζει μια σχετικά φυσιολογική λειτουργικότητα του γόνατος, μόνο το 63% έχει επιστρέψει στο επίπεδο δραστηριότητας πριν τον τραυματισμό (Ardern et al., 2011). Αντίστοιχα αποτελέσματα φαίνεται να προκύπτουν και στην καλαθοσφαίριση, καθώς το 86% των αθλητών φαίνεται να επιστρέφουν μετά την χειρουργική ανακατασκευή, αλλά με σημαντική επίπτωση τόσο στην απόδοσή τους, όσο και στον χρόνο που αγωνίζονται συνολικά (Kester, Behery, Minhas, & Hsu, 2017).

Επιπλέον, ανεξάρτητα από τη θεραπευτική παρέμβαση, είτε ακολουθηθεί συντηρητική αντιμετώπιση με πρόγραμμα αποκατάστασης είτε πραγματοποιηθεί χειρουργική ανακατασκευή του ΠΧΣ, έρευνες δείχνουν ότι μακροπρόθεσμα υπάρχουν σοβαρές πιθανότητες για οστεοαρθρίτιδα, πόνο και γενικά πτώση της λειτουργικότητας της άρθρωσης (Hewett, Myer, Ford, Paterno, & Quatman, 2016; Noyes, Matthews, Mooar, & Grood, 1983; Noyes, Mooar, Matthews, & Butler, 1983; Peck, 2014). 10 με 20 χρόνια μετά την διάγνωση, ένα ποσοστό 50% κατά μέσο όρο, από αυτούς που έχουν διαγνωστεί με τραυματισμό του ΠΧΣ ή του μηνίσκου, εμφανίζουν συμπτώματα οστεοαρθρίτιδας σχετιζόμενα με πόνο και λειτουργική αδυναμία (Lohmander, Englund, Dahl, & Roos, 2007). Δεδομένου λοιπόν ότι η χειρουργική ανακατασκευή και η αποκατάσταση του ΠΧΣ φαίνεται να μην αποτρέπουν καθοριστικά την μακροχρόνια δυσλειτουργία και την πιθανότητα ανάπτυξης κάποιου βαθμού

οστεοαρθρίτιδας, η πρόληψη του τραυματισμού των κάτω άκρων και ειδικότερα του ΠΧΣ είναι αναγκαία (Hewett et al., 2016; Padua et al., 2015).

#### **1.4 Μηχανισμός τραυματισμού ΠΧΣ**

Το μεγαλύτερο ποσοστό τραυματισμών, περίπου το 70%, προκύπτει χωρίς σωματική επαφή (Boden, Dean, Feagin, & Garrett, 2000; Shimokochi & Shultz, 2008). Πρότυπα που έχουν παρατηρηθεί τη στιγμή του τραυματισμού περιλαμβάνουν αυξημένη βλαισότητα γόνατος και στροφή κνήμης σε συνδυασμό με μειωμένη γωνία κάμψης στο γόνατο, ισχίο και κορμό, κατά τη διάρκεια μιας διαδικασίας επιβράδυνσης και αλλαγής κατεύθυνσης κατά το τρέξιμο ή την προσγείωση από άλμα (Alentorn-Geli et al., 2009; Boden et al., 2000; Hewett et al., 2016; Shimokochi & Shultz, 2008; Wesley, Aronson, & Docherty, 2015) (Εικόνα 1).



**Εικόνα 1: Καλαθοσφαιριστής τη στιγμή του τραυματισμού του ΠΧΣ στο αριστερό πόδι κατά την προσγείωση. Παρατηρείται αυξημένη βλαισότητα γόνατος, μειωμένη κάμψη κορμού, ισχίων, γόνατος και έσω στροφή κνήμης.**



Οι έρευνες έχουν δείξει ότι ο τραυματισμός του ΠΧΣ συμβαίνει πολύ σύντομα μετά την αρχική επαφή του κάτω άκρου στο έδαφος κατά την προσγείωση από άλμα (περίπου στα αρχικά 40 χιλιοστά του δευτερολέπτου), όπου συνυπάρχει μειωμένη κάμψη γόνατος (Cortes, Greska, Kollock, Ambegaonkar, & Onate, 2013). Εκτεταμένη έρευνα έχει γίνει σχετικά με την προσγείωση από άλμα, καθώς προκύπτει ότι σχετίζεται άμεσα με τον μηχανισμό τραυματισμού του ΠΧΣ (Shultz, Schmitz, Benjaminse, et al., 2015).

### **1.5 Παράγοντες κινδύνου για τραυματισμό και η κόπωση ως παράγοντας**

Με την πάροδο του χρόνου και την πραγματοποιούμενη έρευνα για πρόληψη των τραυματισμών, έχουν καθοριστεί διάφοροι παράγοντες κινδύνου για τον τραυματισμό του ΠΧΣ. Πιο συγκεκριμένα, αν και ο τραυματισμός του ΠΧΣ χωρίς επαφή οφείλεται σε πολλαπλούς παράγοντες, σε γενικές γραμμές, οι παράγοντες κινδύνου έχουν χωριστεί σε τροποποιήσιμους και μη τροποποιήσιμους, κάτι που έχει να κάνει με τη δυνατότητα παρέμβασης με σκοπό την πρόληψη (Alentorn-Geli et al., 2009; Hewett et al., 2016). Παράγοντες όπως το φύλο (οι γυναίκες φαίνεται να είναι σε υψηλότερο κίνδυνο), οι ορμονικές μεταβολές, η στατική ευθυγράμμιση του σώματος, η χαλαρότητα των αρθρώσεων, περιλαμβάνονται στους μη τροποποιήσιμους παράγοντες κινδύνου. Από την άλλη μεριά, η εμβιομηχανική και τα νευρομυϊκά χαρακτηριστικά των κάτω άκρων περιλαμβάνονται στους τροποποιήσιμους παράγοντες κινδύνου, που σχετίζονται άμεσα με τον τραυματισμό του ΠΧΣ, καθώς και με άλλους τραυματισμούς του κάτω άκρου (Alentorn-Geli et al., 2009; Hewett et al., 2016; Padua et al., 2009). Λανθασμένα εμβιομηχανικά πρότυπα κίνησης οδηγούν σε ανομοιογενή μεταφορά των φορτίων στους ιστούς του σώματος, οδηγώντας κάποιους από αυτούς σε τραυματισμό (Hewett et al., 2016; Padua et al., 2009). (Εικόνα 2).



**Εικόνα 2: Περιγραφή της σύνθετης διαδικασίας που οδηγεί στην εμφάνιση ενός τραυματισμού (Bahr & Krosshaug, 2005).**

Η νευρομυϊκή κόπωση είναι ένας παράγοντας που αυξάνει σημαντικά τον κίνδυνο τραυματισμού των κάτω άκρων στους αθλητές (Cortes et al., 2013; Wesley et al., 2015). Από τις παραπάνω μελέτες προκύπτει ότι η συχνότητα των τραυματισμών αυξάνεται κατά το τελευταίο κομμάτι της αγωνιστικής περιόδου, αλλά και στα τελευταία 15 λεπτά του ημιχρόνου και στα τελευταία 30 λεπτά του αγώνα στο ποδόσφαιρο, όταν η επίδραση της κόπωσης είναι εμφανής (Wesley et al., 2015). Η κόπωση φαίνεται ότι σχετίζεται με αλλαγές στον νευρομυϊκό έλεγχο και στη δυναμική σταθερότητα των αρθρώσεων. Αλλαγές στον νευρομυϊκό έλεγχο, οδηγούν σε αλλαγές στην εμβιομηχανική των κάτω άκρων, κάτι που είναι πιθανόν να οδηγήσει έναν αθλητή σε αυξημένο κίνδυνο για τραυματισμό στα κάτω άκρα (Cortes et al., 2013).

Έχει πραγματοποιηθεί έρευνα σε ικανοποιητικό βαθμό, ώστε να καθοριστεί καλύτερα η επίδραση της κόπωσης στην εμβιομηχανική του κάτω άκρου και η σύνδεσή της με τους τραυματισμούς, με σκοπό τη διαμόρφωση καλύτερων στρατηγικών πρόληψης. Διάφορα πρωτόκολλα κόπωσης έχουν χρησιμοποιηθεί, που περιλαμβάνουν είτε την κόπωση

συγκεκριμένων μυϊκών ομάδων είτε ολόκληρου του κάτω άκρου, καθώς και πιο γενικά πρωτόκολλα κόπωσης που προσπαθούν να προσομοιάσουν τις αγωνιστικές καταστάσεις των αθλημάτων (Barber-Westin & Noyes, 2017).

## **1.6 Αξιολόγηση των παραγόντων κινδύνου**

Με σκοπό να προσδιοριστούν οι παράγοντες κινδύνου, αλλά και τα άτομα που διατρέχουν κίνδυνο τραυματισμού του ΠΧΣ, η βασική και αναντικατάστατη μέθοδος είναι η εργαστηριακή ανάλυση κίνησης. Ωστόσο, με τη μέθοδο αυτή υπάρχει δυσκολία στην αξιολόγηση μεγάλου εύρους δειγμάτων, λόγω του χρόνου που απαιτείται για να ολοκληρωθεί η διαδικασία, αλλά και του κόστους (Padua et al., 2009).

Το σύστημα βαθμολόγησης λαθών κατά την προσγείωση από άλμα (Landing Error Scoring System) αποτελεί ένα φθηνό αξιολογικό εργαλείο, το οποίο διαμορφώθηκε ώστε να αναγνωρίζεται το λανθασμένο πρότυπο κατά την προσγείωση από άλμα (Padua et al., 2015; Padua et al., 2009). Αποτελεί ένα έγκυρο και αξιόπιστο μέσο και με αρκετά καλή εσωτερική και εξωτερική αξιοπιστία (Padua et al., 2015; Padua et al., 2009; Wesley et al., 2015). Η διαδικασία περιλαμβάνει μια προσγείωση από άλμα από ένα κουτί 30 εκ., η οποία ακολουθείται από ένα μέγιστο κατακόρυφο άλμα. Δύο κλασικές κάμερες καταγράφουν τη διαδικασία δισδιάστατα στο οβελιαίο και προσθιοπίσθιο επίπεδο, ώστε να αναγνωριστούν τα λανθασμένα πρότυπα προσγείωσης. Έτσι, τα λανθασμένα πρότυπα προσγείωσης είναι εκείνα με τη μεγαλύτερη βαθμολογία στη φόρμα αξιολόγησης, και αναγνωρίζονται μέσω της παρατήρησης των βίντεο σε δεύτερο χρόνο (Padua et al., 2009).

## **1.7 Αναγκαιότητα και σκοπός της μελέτης**

Η πρόληψη της ρήξης του ΠΧΣ αποτελεί τη μοναδική λύση ώστε να μειωθεί το ποσοστό των τραυματισμών, αλλά και να προληφθούν οι μακροπρόθεσμες συνέπειες, όπως η οστεοαρθρίτιδα (Alentorn-Geli et al., 2009; Hewett et al., 2016). Ο καλύτερος καθορισμός

των παραγόντων, που πιθανόν να ευθύνονται για τον τραυματισμό του ΠΧΣ, είναι ένα σημαντικό βήμα για την καλύτερη διαμόρφωση προγραμμάτων άσκησης με σκοπό την πρόληψη τραυματισμών (Bahr & Krosshaug, 2005; Wesley et al., 2015). Η κόπωση φαίνεται ότι επιδρά σημαντικά, αυξάνοντας την πιθανότητα τραυματισμού, επιδρώντας στην εμβιομηχανική των κάτω άκρων, κάτι που φαίνεται και από το χρονικό σημείο των τραυματισμών του ΠΧΣ, δηλαδή στο τελευταίο διάστημα του ημιχρόνου ή του αγώνα ή ακόμα και της σεζόν (Wesley et al., 2015). Το μπάσκετ αποτελεί ένα άθλημα που χαρακτηρίζεται από πολλές στροφικές κινήσεις και αλλαγές κατεύθυνσης, δηλαδή πρότυπο κίνησης αυξημένου ρίσκου (Freitas et al., 2016; Hulka et al., 2017; Scanlan et al., 2017). Κάτι που επιβεβαιώνεται και από το μεγάλο εύρος τραυματισμού του ΠΧΣ, αλλά και άλλων τραυματισμών (Majewski et al., 2006).

Έτσι λοιπόν, σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να διερευνηθεί η επίδραση της κόπωσης, προκαλούμενης από έναν αγώνα μπάσκετ, στην εμβιομηχανική των κάτω άκρων κατά την προσγείωση από άλμα, μέσω του εργαλείου αξιολόγησης των λαθών κατά την προσγείωση “Landing Error Scoring System (LESS)”. Υποθέτουμε ότι, μετά από έναν αγώνα καλαθοσφαίρισης, η εμβιομηχανική των κάτω άκρων κατά την προσγείωση θα έχει σημαντικές διαφορές σε σχέση με την αντίστοιχη αξιολογούμενη πριν από τον αγώνα.

## Κεφάλαιο 2: Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

Η κόπωση ορίζεται ως η προκαλούμενη από άσκηση μείωση της ικανότητας του μυός να παράγει δύναμη (Enoka & Duchateau, 2008). Η επίδραση της κόπωσης ως παράγοντας που αυξάνει τον κίνδυνο για τραυματισμό έχει απασχολήσει αρκετά τη βιβλιογραφία. Σε γενικές γραμμές, οι σχετικές μελέτες ερευνούν την επίδραση ενός πρωτοκόλλου κόπωσης σε διάφορους παράγοντες της εμβιομηχανικής των κάτω άκρων, όπως κινητικά – κινηματικά χαρακτηριστικά, ισορροπία, κιναισθησία, δύναμη, προσγείωση από άλμα με το ένα ή με τα δύο πόδια, εξετάζοντας την επίδρασή της κόπωσης στους παραπάνω παράγοντες, είτε μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου είτε και κατά τη διάρκειά του, σε διάφορα επίπεδα κόπωσης (Barber-Westin & Noyes, 2017; Gokeler et al., 2014; Schmitz et al., 2014; Wesley et al., 2015; Whyte et al., 2017). Στη βιβλιογραφία υπάρχει μεγάλη ανομοιογένεια, τόσο σχετικά με τα χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα κόπωσης όσο και με το επίπεδο κόπωσης που επιτυγχάνεται στις μελέτες, αλλά και τις δραστηριότητες που ελέγχονται ώστε να προκύψει ή νευρομυική επίδραση της κόπωσης στο κάτω άκρο (Barber-Westin & Noyes, 2017; Santamaria & Webster, 2010).

### 2.1 Πρωτόκολλα κόπωσης

Από προηγούμενες ανασκοπήσεις προκύπτει ότι υπάρχει μεγάλη ανομοιογένεια σχετικά με τα πρωτόκολλα κόπωσης που χρησιμοποιούνται για τη διερεύνηση της επίδρασης της κόπωσης στην εμβιομηχανική των κάτω άκρων (Barber-Westin & Noyes, 2017; Santamaria & Webster, 2010). Τα πρωτόκολλα κόπωσης, που έχουν χρησιμοποιηθεί, κατηγοριοποιούνται είτε ως περιφερικά, που σχετίζονται με κόπωση συγκεκριμένης μυϊκής ομάδας, και συνήθως είναι μικρά σε διάρκεια (Cortes et al., 2013; Wesley et al., 2015; Whyte et al., 2017), είτε σε πιο γενικευμένα πρωτόκολλα, που περιλαμβάνουν περισσότερες μυϊκές ομάδες αλλά έχουν και επίδραση στο καρδιαγγειακό και στο συνολικότερο κινητικό

σύστημα, συνήθως είναι μεγαλύτερα σε διάρκεια (Barber-Westin & Noyes, 2017; Cone et al., 2012; Hulka et al., 2017; Scanlan et al., 2017).

## **2.2 Πρωτόκολλα περιφερικής κόπωσης**

Τα περιφερικά πρωτόκολλα κόπωσης επικεντρώνονται είτε σε έναν μεμονωμένο μυ, είτε σε ολόκληρο το κάτω άκρο (Barber-Westin & Noyes, 2017). Προκαλούν μια μείωση της δυνατότητας παραγωγής δύναμης του μυός στο επίπεδο της νευρομυϊκής σύναψης ή μετά από αυτήν. Προκαλείται κυρίως από μεταβολικούς παράγοντες ή από μυϊκή βλάβη, αν έχει πραγματοποιηθεί έκκεντρη άσκηση (Barber-Westin & Noyes, 2017).

Πρωτόκολλα κόπωσης μεμονωμένων μυϊκών ομάδων έχουν χρησιμοποιηθεί αρκετά, επικεντρώνοντας την κόπωση είτε στον τετρακέφαλο (Kellis & Kouvelioti, 2009; O'Connor, Johnson, & Benson, 2015), είτε στους οπίσθιους μηριαίους (Kellis & Kouvelioti, 2009), αλλά και σε άλλες μυϊκές ομάδες των κάτω άκρων (Patrek, Kernozek, Willson, Wright, & Doberstein, 2011; Thomas, Palmieri-Smith, & McLean, 2011). Επίσης, χρησιμοποιείται τοπική κόπωση που περιλαμβάνει περισσότερες μυϊκές ομάδες, με μια από τις πιο συνηθισμένες τεχνικές να είναι τα επαναλαμβανόμενα καθίσματα (Borotikar, Newcomer, Koppes, & McLean, 2008; Padua et al., 2006).

## **2.3 Πρωτόκολλα γενικής κόπωσης**

Τα πρωτόκολλα γενικής κόπωσης περιλαμβάνουν περιόδους υπομέγιστης άσκησης, ώστε να προκληθεί μια μείωση στο επίπεδο της εκούσιας μυϊκής ενεργοποίησης. Η δυσλειτουργία παρουσιάζεται στο επίπεδο πάνω από την νευρομυϊκή σύναψη (σπονδυλικό και υπερσπονδυλικό επίπεδο), που προκαλεί μια αδύναμη τροφοδότηση στον εργαζόμενο μυ (Barber-Westin & Noyes, 2017). Τα πρωτόκολλα γενικής κόπωσης αποτελούνται από: 1) μια σειρά από διάφορες δραστηριότητες που πραγματοποιούνται είτε μέχρι εξαντλήσεως είτε για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (Bell et al., 2016; Cortes et al., 2013; Gokeler et al., 2014;

Wesley et al., 2015; Whyte et al., 2017), 2) δοκιμασία τρεξίματος μέχρι να επέλθει εξάντληση (Benjaminse et al., 2008), 3) δοκιμασία αντοχής για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (McLean et al., 2007), 4) προσομοίωση αγώνα (Cone et al., 2012; Hulka et al., 2017; Scanlan et al., 2017; Schmitz et al., 2014; Shultz, Schmitz, Cone, et al., 2015).

Μεγάλης διάρκειας πρωτόκολλα έχουν χρησιμοποιηθεί, ώστε να προσομοιάσουν στις πραγματικές συνθήκες ενός αγώνα (Scanlan et al., 2017; Schmitz et al., 2014). Στις σχετικές μελέτες τα πρωτόκολλα κόπωσης χρησιμοποιούν δραστηριότητες που προσεγγίζουν τα φορτία του αθλήματος, αλλά και στη διάρκειά του (Cone et al., 2012; Scanlan et al., 2017; Schmitz et al., 2014). Κάποιες μελέτες προσπαθούν να προσομοιάσουν στη φυσική επιβάρυνση ενός αγώνα μπάσκετ, μέσω προσομοιωμένων σε αγώνα προγραμμάτων κόπωσης (Freitas et al., 2016; Scanlan et al., 2017). Ένα πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται στη βιβλιογραφία είναι το Τεστ προσομείωσης μπάσκετ «Basketball Exercise Simulation Test (BEST)». Αποτελείται από μια σειρά δραστηριοτήτων, όπου κάθε κύκλος αποτελείται από 30 δευτερόλεπτα διακοπτόμενης άσκησης, που περιλαμβάνει σπριντ, άλματα, απλό τρέξιμο, χαλαρό τρέξιμο, πλάγιες μετατοπίσεις, περπάτημα αποκατάστασης. Το πρόγραμμα πραγματοποιείται σε 4 δεκάλεπτα, με 15' διάλειμμα μεταξύ 3-4ου δεκαλέπτου, όπως σε έναν πραγματικό αγώνα. Κάθε δεκάλεπτο αποτελείται από περίπου 20 κύκλους του προγράμματος (Scanlan et al., 2017). Στη συγκεκριμένη μελέτη, μετά την εφαρμογή του παραπάνω πρωτοκόλλου παρατηρήθηκε μείωση της δύναμης του τετρακεφάλου και των οπίσθιων μηριαίων, κάτι που επηρέασε σημαντικά την απόδοση στο άλμα και την ταχύτητα (Scanlan et al., 2017).

Άλλα, αντίστοιχα προγράμματα, έχουν διαμορφωθεί και χρησιμοποιηθεί με κάποιες σχετικές διαφοροποιήσεις, κυρίως ως προς τις δραστηριότητες που εμπεριέχονται (Hulka et al., 2017). Αντίστοιχο πρόγραμμα λειτουργικής κόπωσης μεγάλης διάρκειας, που προσομοιάζει σε αγώνα ποδοσφαίρου, έχει επίσης χρησιμοποιηθεί (Schmitz et al., 2014; Shultz, Schmitz,

Cone, et al., 2015). Σε σχετική μελέτη, έχει παρατηρηθεί παραλλαγμένο εμβιομηχανικό πρότυπο προσγείωσης στο τέλος του 90' προγράμματος, που εμμένει και μια ώρα μετά, και επικεντρώνεται σε μια πιο εκτεταμένη θέση προσγείωσης (Schmitz et al., 2014), μια θέση που σχετίζεται με τον μηχανισμό τραυματισμού του ΠΧΣ (Boden et al., 2000).

## 2.4 Επίπεδο κόπωσης

Μεγάλη ανομοιογένεια υπάρχει στην βιβλιογραφία σχετικά με το επίπεδο της προκαλούμενης κόπωσης. Πολλές μελέτες λαμβάνουν υπόψη τους ως σημείο έναρξης της κόπωσης και διακοπής του πρωτοκόλλου τη μείωση στο κατακόρυφο άλμα (Cortes et al., 2013; Wesley et al., 2015), θεωρώντας ότι αρχίζει η κόπωση όταν το κατακόρυφο άλμα μειωθεί για 5 εκατοστά σε 3 συνεχόμενες προσπάθειες (Wesley et al., 2015), είτε μετρώντας το σε ποσοστό ο συμμετέχων να μην φτάνει το 90% του μέγιστου κατακόρυφου άλματος (Cortes et al., 2013) ή και λιγότερο ποσοστό (Gokeler et al., 2014). Επίσης, οι καρδιακοί παλμοί λαμβάνονται υπόψη συνήθως συνδυαστικά με άλλους παράγοντες, θεωρώντας μια αύξηση 90% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας ως ένα στοιχείο (Cortes et al., 2013; Wesley et al., 2015; Whyte et al., 2017). Η κλίμακα υποκειμενικής κόπωσης Borg χρησιμοποιείται αρκετά, είτε μεμονωμένα είτε συνδυαστικά (Bell et al., 2016), και θεωρείται ως σημείο έναρξης της κόπωσης η βαθμολόγηση με 17-18 στην κλίμακα (Bell et al., 2016; Whyte et al., 2017). Ακόμα πολλά πρωτόκολλα συνεχίζονται έως ότου ο δοκιμαζόμενος να μην μπορεί να συνεχίσει άλλο (Benjaminse et al., 2008; Borotikar et al., 2008). Επίσης, κυρίως σε περιφερικά πρωτόκολλα κόπωσης, σε μεμονωμένη μυϊκή ομάδα, χρησιμοποιείται η μείωση σε ποσοστό της εκούσιας μυϊκής σύσπασης (Kellis & Kouvelioti, 2009; O'Connor et al., 2015).



## 2.5 Έλεγχος της προσγείωσης από άλμα

Η επίδραση της κόπωσης στην εμβιομηχανική της προσγείωσης από άλμα έχει προκαλέσει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της σχέσης αυτής της δραστηριότητας με τη ρήξη του ΠΧΣ, αλλά και άλλων τραυματισμών στα κάτω άκρα (Alentorn-Geli et al., 2009; Barber-Westin & Noyes, 2017; Padua et al., 2009; Santamaria & Webster, 2010).

Η επίδραση της κόπωσης στην αύξηση των παραγόντων κινδύνου δεν είναι ξεκάθαρη, παρόλη την παρουσία μεταβολών στα πρότυπα προσγείωσης στις διάφορες μελέτες (Cortes et al., 2013; Gokeler et al., 2014; Wesley et al., 2015). Σε γενικές γραμμές, μετά την εφαρμογή κάποιου πρωτοκόλλου κόπωσης φαίνεται να παρατηρείται μια πιο εκτεταμένη θέση των αρθρώσεων κατά την προσγείωση, με μείωση της κάμψης της άρθρωσης του γόνατος και του ισχίου, καθώς και αύξηση της βλαισότητας της άρθρωσης του γόνατος ιδιαίτερα στις γυναίκες (Cortes et al., 2013; Schmitz et al., 2014; Wesley et al., 2015). Πρόκειται για παράγοντες που έχουν φανεί ότι αυξάνουν τον κίνδυνο για τραυματισμό του ΠΧΣ (Hewett et al., 2016). Από την άλλη μεριά, ωστόσο, μια πρόσφατη ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, σχετικά με την επίδραση των προγραμματίων κόπωσης στην νευρομυϊκή λειτουργία των κάτω άκρων, συμπεραίνει ότι τα δημοσιευμένα πρωτόκολλα κόπωσης δεν προκαλούν στατιστικά σημαντικές μεταβολές στους εμβιομηχανικούς παράγοντες κινδύνου που σχετίζονται με τον τραυματισμό του ΠΧΣ. Ενώ καταλήγει ότι η μεγάλη ποικιλία στα αποτελέσματα μεταξύ των ερευνών απαιτεί τη συνέχιση των μελετών στο συγκεκριμένο θέμα (Barber-Westin & Noyes, 2017).

Διάφορες εργαστηριακές μελέτες, με τη χρήση τρισδιάστατης ανάλυσης, έχουν εξετάσει αυτούς τους παράγοντες. Η παρατήρηση της προσγείωσης από άλμα μέσω του κλινικού εργαλείου «Landing Error Scoring System (LESS)» έχει ευρέως χρησιμοποιηθεί τα τελευταία χρόνια (DiStefano et al., 2016; DiStefano, Padua, DiStefano, & Marshall, 2009;

Gokeler et al., 2014; Padua et al., 2015; Wesley et al., 2015). Είναι ένα έγκυρο και αξιόπιστο μέσο για την αξιολόγηση προτύπων προσγείωσης υψηλού κινδύνου (Padua et al., 2009). Η χρήση του LESS δίνει τη δυνατότητα για αξιολόγηση εκτός εργαστηρίου, αλλά και για αξιολόγηση μεγάλων δειγμάτων (Padua et al., 2009).

Ωστόσο, παρόλο το μεγάλο εύρος των μελετών που αξιολογούν την επίδραση της κόπωσης στην εμβιομηχανική των κάτω άκρων μέσω διαφόρων πρωτοκόλλων κόπωσης, δεν προκύπτει από τη βιβλιογραφία να έχει μελετηθεί η επίδραση της κόπωσης ενός πραγματικού αγώνα. Τα περισσότερα πρωτόκολλα κόπωσης στη βιβλιογραφία είναι σχεδιασμένα ώστε να επιδρούν σημαντικά στο μυϊκό σύστημα, και πιθανόν να μην προσδίδουν όλη την εικόνα της μηχανικής της προσγείωσης από άλμα κατά τη διάρκεια των πραγματικών συνθηκών του αθλήματος (Cone et al., 2012; Wesley et al., 2015), ωστόσο αυτό πιθανόν να μην αντικατοπτρίζει τις ιδιαίτερες απαιτήσεις ενός πραγματικού αγώνα, που έχει σχετιστεί με την αύξηση της συχνότητας τραυματισμών, όσο ο αγώνας εξελίσσεται (Cone et al., 2012).

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να διερευνηθεί η επίδραση της κόπωσης που προκαλείται από έναν πραγματικό αγώνα μπάσκετ στην εμβιομηχανική των κάτω άκρων κατά την προσγείωση από άλμα, με τη χρήση του «Landing Error Scoring System (LESS)». Υποθέτουμε ότι μετά τον αγώνα μπάσκετ η βαθμολογία των συμμετεχόντων στο LESS θα είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την αντίστοιχη πριν τον αγώνα.

## Κεφάλαιο 3: Μεθοδολογία

### 3.1 Δείγμα

Δεκαέξι υγιείς άνδρες ( $n = 16$ ), αθλητές καλαθοσφαίρισης, φοιτητές του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού (ΤΕΦΑΑ) του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, ηλικίας από 18 έως 22 ετών έλαβαν μέρος εθελοντικά στη μελέτη. Οι συμμετέχοντες ήταν ερασιτέχνες αθλητές και πραγματοποιούσαν 3-6 προπονήσεις/εβδομάδα. Τα συνολικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων παρουσιάζονται στον πίνακα 2. Τα κριτήρια αποκλεισμού από τη μελέτη ήταν η ύπαρξη πρόσφατου τραυματισμού ή χειρουργείου σε διάστημα μικρότερο των 6 μηνών ή η ύπαρξη σοβαρού καρδιαγγειακού, αναπνευστικού ή νευρολογικού προβλήματος. Ωστόσο, έγινε μια καταγραφή των προηγούμενων τραυματισμών μεταξύ των συμμετεχόντων. Οι μισοί ( $n=8$ ) από τους συμμετέχοντες ανέφεραν έναν παλαιότερο τραυματισμό (ιστορικό ενός ή πολλαπλών διαστρεμμάτων ( $n=6$ ), ρήξη μηνίσκου μη χειρουργημένου ( $n=3$ ), πελματιαία απονευρωσίτιδα ( $n=1$ ), ενώ από τους παραπάνω κάποιοι είχαν ρήξη μηνίσκου και διάστρεμμα ( $n=2$ )). Κανείς συμμετέχων δεν είχε ρήξη ΠΧΣ ή είχε υποβληθεί σε οποιοδήποτε χειρουργείο.

**Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων**

<b>n = 16</b>	<b>Ελάχιστο</b>	<b>Μέγιστο</b>	<b>Μέση τιμή</b>	<b>Τυπική απόκλιση</b>
<b>Ηλικία (έτη)</b>	18	22	20.2	1.2
<b>Μάζα (kg)</b>	58.2	109.9	77.8	11.0
<b>Ανάστημα (m)</b>	1.74	1.91	1.82	0.1
<b>Δείκτης Μάζας Σώματος</b>	17.4	30.4	23.5	2.7
<b>Προπονήσεις / εβδομάδα</b>	3	6	4.1	0.9

Επίσης, ερωτήθηκαν οι συμμετέχοντες αν είχαν προηγουμένως συμμετάσχει σε πρόγραμμα πρόληψης τραυματισμών (πίνακας 3) ή είχαν λάβει, κάποια στιγμή, συμβουλές για το σωστό τρόπο προσγείωσης από άλμα (πίνακας 4). Όλοι οι συμμετέχοντες συμφώνησαν με τους όρους της μελέτης και έδωσαν την έγγραφη συγκατάθεσή τους μέσω του έντυπου συναίνεσης του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

**Πίνακας 3: Προσφορά συμβουλών προσγείωσης**

<b>Προσφορά</b>	<b>Συχνότητα</b>	<b>Ποσοστό (%)</b>
<b>ΝΑΙ</b>	6	37.5
<b>ΟΧΙ</b>	10	62.5

**Πίνακας 4: Συμμετοχή σε πρόγραμμα πρόληψης**

<b>Συμμετοχή</b>	<b>Συχνότητα</b>	<b>Ποσοστό (%)</b>
<b>ΝΑΙ</b>	1	6.3
<b>ΟΧΙ</b>	15	93.8

### **3.2 Διαδικασία**

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στο κλειστό γυμναστήριο του αθλητικού κέντρου Τρικάλων. Οι συμμετέχοντες κατά την άφιξή τους, και πριν από οτιδήποτε άλλο, ενημερώθηκαν σχετικά με τη μελέτη και τους δόθηκε το έντυπο συγκατάθεσης, το οποίο διάβασαν και υπέγραψαν. Στη συνέχεια συμπλήρωσαν ερωτηματολόγιο σχετικά με τα δημογραφικά στοιχεία, το επίπεδο δραστηριότητας και το προηγούμενο ιστορικό τραυματισμών (βλέπε παράρτημα 2), ενώ ακολούθησε μέτρηση βάρους και ύψους. Ακολούθως, αφού πραγματοποίησαν προθέρμανση

10', χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, όπου η μια πραγματοποιούσε δοκιμασία μέγιστου κατακόρυφου άλματος και η άλλη ομάδα τη δοκιμασία προσγείωσης από άλμα «Landing Error Scoring System (Less)». Στη συνέχεια, οι ομάδες άλλαξαν ρόλους, ώστε όλοι να πραγματοποιήσουν και τις δυο δοκιμασίες.

Ακολούθησε ο αγώνας καλαθοσφαίρισης, ο οποίος είχε κανονική διάρκεια 4 δεκαλέπτων, με 15' διάλειμμα μεταξύ του 2<sup>ου</sup> και 3<sup>ου</sup> δεκαλέπτου. Στις ομάδες υπήρχαν από 3 αλλαγές, οι οποίες πραγματοποιούνταν κυκλικά, με στόχο να παίζουν όλοι οι συμμετέχοντες κατά το δυνατόν ίσο χρονικό διάστημα. Δόθηκε έμφαση ώστε ο αγώνας να είναι στον υψηλότερο δυνατό ρυθμό. Γι' αυτό το λόγο υπήρχαν προπονητές και διαιτητές. Πριν των αγώνα πραγματοποιήθηκε προθέρμανση.

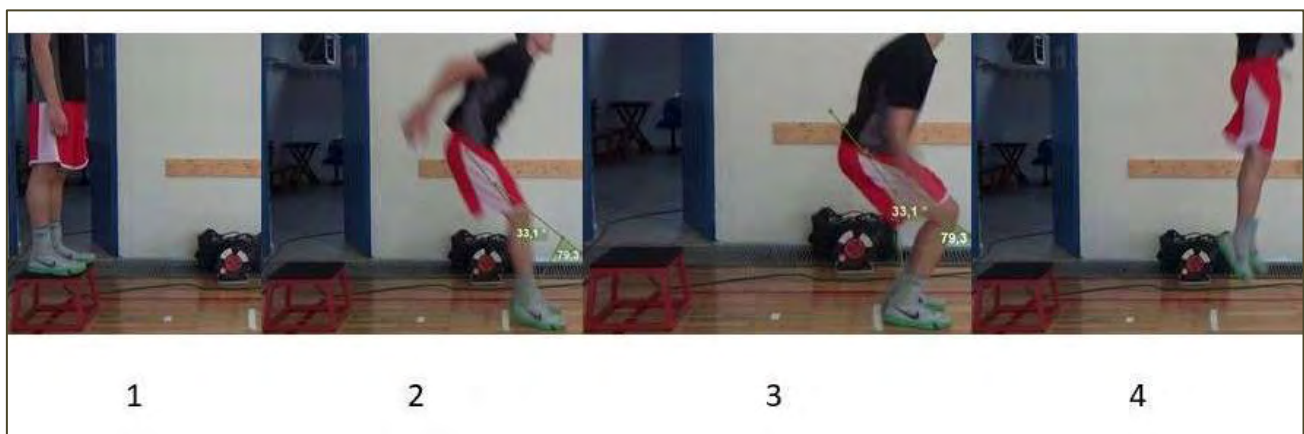
Μετά τον αγώνα και πριν την δοκιμασία του LESS ρωτήθηκαν οι δοκιμαζόμενοι σχετικά με το υποκειμενικό αίσθημα της κόπωσής τους, μέσω της κλίμακας υποκειμενικής κόπωσης Borg rating of perceived exertion scale (G. Borg & Dahlstrom, 1962; G. A. Borg, 1973). Ακολούθως, χωρίστηκαν σε δύο ομάδες και πραγματοποίησαν ξανά τη δοκιμασία μέγιστου κατακόρυφου άλματος και τη δοκιμασία προσγείωσης από άλμα. Οι ομάδες άλλαξαν ρόλους στη συνέχεια για να πραγματοποιήσουν και τις δύο δοκιμασίες.

### **3.2.1 Δοκιμασία προσγείωσης από άλμα «Landing Error Scoring System (LESS)»**

Η δοκιμασία αυτή περιλαμβάνει ένα πρόσθιο άλμα από ένα κουτί ύψους 30 εκ., σε μια απόσταση 50% του ύψους του σώματος του εξεταζόμενου, και άμεσα μέγιστο κατακόρυφο άλμα (Εικόνα 3). Στην πραγματοποίηση της δοκιμασίας πριν από την παρέμβαση, οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν 15' προθέρμανση, η οποία αποτελούνταν από τρέξιμο, ασκήσεις ευκινησίας και διατάσεις. Αφού πρώτα δόθηκαν οδηγίες για την πραγματοποίηση της δοκιμασίας με έγκυρο τρόπο, οι δοκιμαζόμενοι είχαν τη δυνατότητα να

πραγματοποιήσουν τη δοκιμασία 1-2 φορές δοκιμαστικά. Στη συνέχεια, καταγράφηκαν 3 έγκυρες προσπάθειες, ώστε να χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση των δεδομένων.

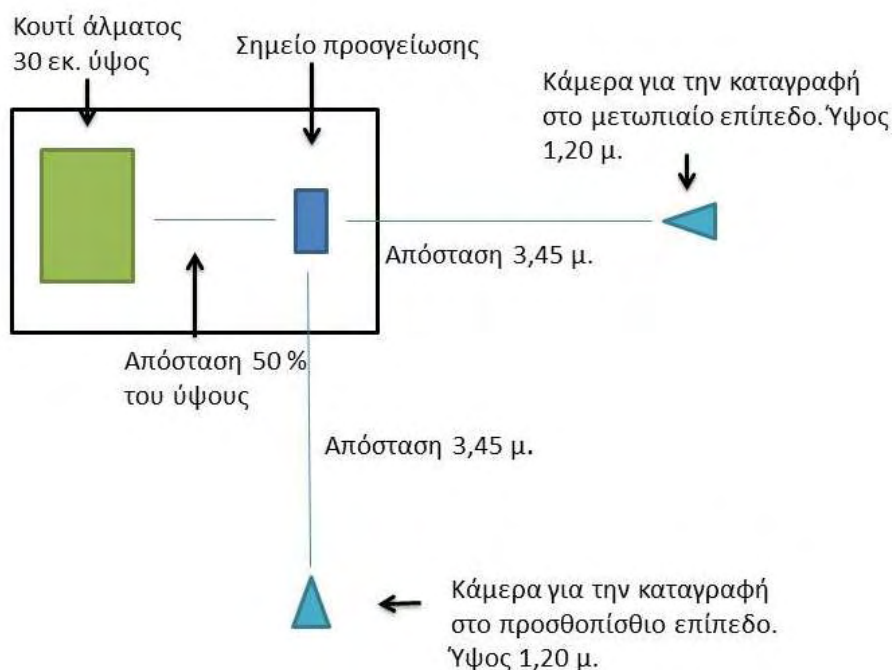
Κατά τη διάρκεια των οδηγιών δινόταν έμφαση ώστε οι συμμετέχοντες: 1) να πηδούν πρόσθια και όχι κατακόρυφα από το κουτί, 2) να πηδούν και με τα δύο κάτω άκρα, 3) να προσγειώνονται μπροστά από τη γραμμή που είχε τοποθετηθεί στο έδαφος, 4) να δίνουν έμφαση ώστε να πραγματοποιούν μέγιστο κατακόρυφο άλμα μετά την προσγείωση, χωρίς διακοπή μεταξύ της προσγείωσης και του μέγιστου κατακόρυφου άλματος. Στους συμμετέχοντες δεν δόθηκε καμιά οδηγία σχετικά με τον σωστό τρόπο προσγείωσης (Padua et al., 2009).



**Εικόνα 3: Διαδικασία αξιολόγησης της προσγείωσης. Η αξιολόγηση επικεντρώνεται στις εικόνες 2 (αρχική επαφή) και 3 (μέγιστη κάμψη γόνατος).**

Δύο κλασικές κάμερες (Panasonic HC – V 770 & Sony HDR – CX625) τοποθετήθηκαν μπροστά και στα πλάγια από το σημείο που πραγματοποιούνταν η διαδικασία, ώστε να καλύπτουν το μετωπιαίο και το προσθοπίσθιο επίπεδο του δοκιμαζόμενου κατά τη διαδικασία, ευθυγραμμισμένες στο σημείο προσγείωσης, όπως έχει περιγραφεί

προηγουμένως (Padua et al., 2009) (Εικόνα 4). Οι κάμερες ήταν τοποθετημένες σε τρίποδες, σε ύψος 1.20 μ. και σε απόσταση 3.45 μ. από το σημείο προσγείωσης (Padua et al., 2009). Για λόγους χωροδιάταξης των καμερών, σε όλους τους δοκιμαζόμενους εξεταζόταν το δεξί πόδι.



**Εικόνα 4: Διάταξη χώρου κατά την εκτέλεση της δοκιμασίας Landing Error Scoring System (LESS).**

Η ανάλυση των δεδομένων έγινε από τον εξεταστή σε μεταγενέστερο χρόνο. Περιλάμβανε την παρατήρηση ξανά των βίντεο της προσγείωσης και συμπλήρωση μιας φόρμας σχετικά με την τεχνική της προσγείωσης. Η φόρμα εμπεριέχει 17 ερωτήσεις, στις οποίες καταγράφονται τα λάθη (1 → λάθος 0 → σωστό στις ερωτήσεις 1-15 και 0 έως 2 στις ερωτήσεις 16-17) (βλέπε παράρτημα 3). Μεγαλύτερη βαθμολογία σημαίνει χειρότερη τεχνική προσγείωσης. Η παρατήρηση επικεντρώνεται στην αρχική επαφή και τη μέγιστη κάμψη γόνατος (Εικόνες 5 & 6). Το «Landing Error Scoring System (LESS)» είναι ένα έγκυρο και αξιόπιστο εργαλείο (Onate, Cortes, Welch, & Van Lunen, 2010; Padua et al., 2009), ενώ έχει φανεί ότι έχει πολύ

καλή αξιοπιστία μεταξύ των ερευνητών (Onate et al., 2010). Πριν από την πραγματοποίηση των μετρήσεων ο εξεταστής μελέτησε τη σχετική βιβλιογραφία για τη σωστή πραγματοποίηση της δοκιμασίας και το σωστό τρόπο βαθμολόγησης (Padua et al., 2009).



**Εικόνα 5: Δοκιμασία προσγείωσης (LESS), αρχική επαφή, στο οβελιαίο και προσθιοπίσθιο επίπεδο.**



**Εικόνα 6: Δοκιμασία προσγείωσης (LESS), μέγιστη κάμψη γόνατος, στο οβελιαίο και προσθιοπίσθιο επίπεδο.**

### 3.2.2 Δοκιμασία μέγιστου κατακόρυφου άλματος

Για τη μέτρηση του κατακόρυφου άλματος χρησιμοποιήθηκε ο διάδρομος Bosco Ergojump System (Bosco, Luhtanen, & Komi, 1983). Ο αθλητής στεκόταν πάνω στο διάδρομο με τα



χέρια τοποθετημένα στα ισχία. Από θέση κάμψης γόνατος  $90^\circ$ , με τον κορμό ευθυγραμμισμένο, εκτελούσε ένα μέγιστο κατακόρυφο άλμα. Πραγματοποιήθηκαν 3 προσπάθειες. Το άλμα με την υψηλότερη επίδοση χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση (Bosco et al., 1983).

### **3.3 Δεδομένα μέτρησης και ανάλυση**

Τα βίντεο που συλλέχτηκαν από τη δοκιμασία προσγείωσης μελετήθηκαν σε μεταγενέστερο χρόνο και βαθμολογήθηκαν μέσω της φόρμας αξιολόγησης του LESS. Η επεξεργασία των βίντεο έγινε μέσω του ελεύθερου προγράμματος δυσδιάστατης ανάλυσης κίνησης (kinovea 0.8.26 experimental version). Η μέση τιμή των τριών προσπαθειών χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση των δεδομένων, σύμφωνα με τις οδηγίες από προηγούμενες μελέτες (Padua et al., 2015; Padua et al., 2009). Η προσοχή δινόταν κυρίως στην αρχική επαφή και τη μέγιστη κάμψη γόνατος κατά την προσγείωση.

### **3.4 Στατιστική ανάλυση**

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα SPSS (IBM SPSS Statistics 21.0). Εφαρμόστηκε το κριτήριο t για εξαρτημένα δείγματα, ενώ το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο  $p < 0,05$ . Αλλαγές στην εμβιομηχανική της προσγείωσης και στο κατακόρυφο άλμα εξετάστηκαν πριν και μετά τον αγώνα.

## Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα σχετικά με το επίπεδο κόπωσης, παρουσιάζονται στον πίνακα 5, όσον αφορά το κατακόρυφο άλμα και στον πίνακα 6 όσον αφορά την κλίμακα borg. Οι βαθμολογίες στο Landing Error Scoring System (LESS) παρουσιάζονται στον πίνακα 7.

**Πίνακας 5: Κατακόρυφο άλμα**

n = 16	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Άλμα πριν	31.2	44.8	36.7	4.2
Άλμα μετά	28.6	44.2	34.6	4.1

Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επιδόσεων του κατακόρυφου άλματος ( $t_{(15)} = 3.83$ ,  $p < 0.005$ ). Η επίδοση στο κατακόρυφο άλμα μετά την παρέμβαση είναι μικρότερη από την αντίστοιχη πριν την παρέμβαση. Επίσης, το επίπεδο κόπωσης όπως καταγράφηκε με την κλίμακα Borg, κυμαίνεται από ελαφριά (8) μέχρι έντονη (15).

**Πίνακας 6: Κλίμακα Borg**

n = 16	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
Βαθμολόγηση	8	15	11.9	1.9

**Πίνακας 7: Landing Error Scoring System (LESS)**

n = 16	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
LESS πριν	5	10	7.1	1.3
LESS μετά	6	11	7.7	1.4

Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επιδόσεων του LESS ( $t_{(15)} = 2.33$ ,  $p < 0.05$ ). Οι τιμές στο LESS μετά την παρέμβαση είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες πριν την παρέμβαση.

## Κεφάλαιο 5: Συζήτηση

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η εξέταση της επίδρασης ενός ολόκληρου αγώνα καλαθοσφαίρισης στη μηχανική της προσγείωσης από άλμα, μέσω του κλινικού εργαλείου Landing Error Scoring System (LESS), που χρησιμοποιείται για την αναγνώριση λανθασμένων πρότυπων κατά τη διάρκεια αυτής της δραστηριότητας. Το βασικό εύρημα είναι ότι μετά την ολοκλήρωση του αγώνα οι αθλητές είχαν μεγαλύτερη βαθμολογία στο LESS, κάτι που υποδηλώνει περισσότερα κινητικά σφάλματα κατά την προσγείωση από άλμα σε σχέση με τα αντίστοιχα πριν από τον αγώνα.

Λανθασμένα εμβιομηχανικά πρότυπα κατά την προσγείωση από άλμα έχουν συσχετιστεί με την αύξηση του κινδύνου για τραυματισμό του ΠΧΣ (Hewett et al., 2016; Shimokochi & Shultz, 2008). Τα αποτελέσματα στην συγκεκριμένη μελέτη συμφωνούν με τη βιβλιογραφία, καθώς και άλλοι μελετητές έχουν βρει αύξηση των λανθασμένων εμβιομηχανικών προτύπων μετά την κόπωση, με την εφαρμογή διαφόρων πρωτοκόλλων κόπωσης σε ποικίλους πληθυσμούς (Bell et al., 2016; Santamaria & Webster, 2010; Wesley et al., 2015).

Από την άλλη μεριά, τα παρόντα αποτελέσματα έρχονται σε αντίθεση με τα συμπεράσματα μιας πρόσφατης ανασκόπησης της βιβλιογραφίας (Barber-Westin & Noyes, 2017). Η συγκεκριμένη ανασκόπηση συμπεραίνει ότι η πλειονότητα των μελετών, σχετικά με την επίδραση της κόπωσης στην εμβιομηχανική της προσγείωσης, δεν προκαλούν ιδιαίτερες μεταβολές σε παράγοντες που εμπλέκονται στον μηχανισμό τραυματισμού του ΠΧΣ (Barber-Westin & Noyes, 2017). Τέτοιοι παράγοντες είναι οι μειωμένες γωνίες κάμψης της άρθρωσης του ισχίου και του γόνατος, αυξημένη έσω στροφή ισχίου, αυξημένη βλαισότητα στο γόνατο, αύξηση έξω ή έσω στροφής της κνήμης, αυξημένη δραστηριότητα τετρακεφάλου και μειωμένη δραστηριότητα των οπίσθιων μηριαίων (Alentorn-Geli et al., 2009; Boden et al., 2000; Hewett et al., 2016). Ωστόσο, λόγω της μεγάλης ανομοιομορφίας

των αποτελεσμάτων μεταξύ των συγκεκριμένων μελετών, προτείνεται η συνέχιση της μελέτης του συγκεκριμένου θέματος, ώστε να υπάρξει ουσιαστική συμβολή στην πρόληψη τραυματισμών (Barber-Westin & Noyes, 2017).

Στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκε μεν στατιστικά σημαντική διαφορά στη βαθμολόγηση του LESS, με την εμβιομηχανική της προσγείωσης να είναι χειρότερη μετά τον αγώνα, ωστόσο η διαφορά αυτή ήταν μικρή (7.1 πριν τον αγώνα έναντι 7.7 μετά τον αγώνα). Επίσης, βάσει προηγούμενης μελέτης η βαθμολογία στο LESS κατατάσσεται σε 4 κατηγορίες: τέλεια βαθμολογία ίση ή μικρότερη του 4, καλή βαθμολογία 4 με 5, μέτρια βαθμολογία 5 με 6 και κακή βαθμολογία μεγαλύτερη του 6 (Padua et al., 2009). Με βάση τις βαθμολογίες των αθλητών στην παρούσα μελέτη, αυτές μπορούν να χαρακτηριστούν ήδη πριν από τον αγώνα ως μέτριες και κακές (εύρος 5 – 10, M.O 7,1), ενώ μετά τον αγώνα το σύνολο τους δηλώνει κακή εμβιομηχανική προσγείωσης μετά από άλμα (6 – 11, M.O 7,7).

Όσον αφορά το επίπεδο κόπωσης, στη βιβλιογραφία, με την εφαρμογή των διαφόρων πρωτοκόλλων, λαμβάνονται υπόψη αυστηρά κριτήρια κόπωσης. Συγκεκριμένα, σχετικά με το κατακόρυφο άλμα, θεωρείται ως σημείο έναρξης της κόπωσης η μείωσή του κατά 5 εκατοστά σε σχέση με το μέγιστο κατακόρυφο άλμα (Wesley et al., 2015) ή μείωση σε ποσοστό, για παράδειγμα να μην φτάσει το 90% του μέγιστου κατακόρυφου άλματος μετά την κόπωση (Cortes et al., 2013) ή και ακόμα περισσότερη μείωση (Gokeler et al., 2014), συνήθως σε 3 συνεχόμενες προσπάθειες (Cortes et al., 2013; Wesley et al., 2015). Στην παρούσα μελέτη αν και η μείωση του κατακόρυφου άλματος ήταν στατιστικά σημαντική, δεν συμβαδίζει με τα παραπάνω κριτήρια, καθώς η μείωση ήταν λιγότερη τόσο ως μείωση των 5 εκατοστών, που λαμβάνονται ως βασικό κριτήριο σε αρκετές μελέτες, όσο και σε ποσοστό, καθώς το άλμα μετά την παρέμβαση ήταν κατά μέσο όρο περίπου 94,3%, του μέγιστου κατακόρυφου άλματος πριν την παρέμβαση.

Επίσης, ένα άλλο κριτήριο για την ύπαρξη κόπωσης είναι η κλίμακα υποκειμενικής κόπωσης Borg. Στη βιβλιογραφία ως κριτήριο για την παρουσία κόπωσης λαμβάνεται η βαθμολόγηση στην κλίμακα από 17 και άνω, που δηλώνει έντονη κόπωση (Bell et al., 2016; Patrek et al., 2011; Whyte et al., 2017). Στην παρούσα μελέτη η βαθμολόγηση στην κλίμακα Borg ήταν αρκετά χαμηλότερη σε σύγκριση με τα παραπάνω κριτήρια. Συγκεκριμένα υπήρχε μεγάλη απόκλιση μεταξύ των συμμετεχόντων, καθώς υπήρχε ένα εύρος βαθμολογίας από 8 έως 15, που υποδηλώνει μικρή έως μέτρια κόπωση.

Συνδυαστικά, αν λάβουμε υπόψη τις αλλαγές στο κατακόρυφο άλμα αλλά και την κλίμακα Borg, φαίνεται ότι το επίπεδο κόπωσης δεν ήταν υψηλό. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην ένταση του αγώνα, η οποία πιθανόν να μην ήταν τέτοια που θα προκαλούσε έντονη κόπωση. Επίσης, τα διαφορετικά χαρακτηριστικά του κάθε ατόμου παίζουν σημαντικό ρόλο, καθώς μεταξύ των συμμετεχόντων υπάρχει διαφορετική καρδιοαναπνευστική αντοχή, αλλά και μυϊκή δύναμη και αντοχή, κάτι που δικαιολογεί και τη μεγάλη διαφοροποίηση, ιδιαίτερα στην βαθμολόγηση στην κλίμακα borg. Σχετικά με το παραπάνω, σημαντική είναι και η διαφοροποίηση στις προπονήσεις ανά εβδομάδα, καθώς αρκετοί πραγματοποιούσαν μέχρι τρεις προπονήσεις, ενώ άλλοι είχαν πιο τακτικές προπονήσεις, μέχρι και 6 ανά εβδομάδα.

Στη βιβλιογραφία, για τον έλεγχο της επίδρασης της κόπωσης στην εμβιομηχανική του κάτω άκρου, χρησιμοποιούνται διαφόρων ειδών πρωτόκολλα κόπωσης, είτε περιφερικά είτε πιο γενικευμένα, και τα περισσότερα από αυτά προσπαθούν να προσεγγίσουν τις απαιτήσεις ενός αθλήματος σε συνθήκες αγώνα (Scanlan et al., 2017; Wesley et al., 2015). Στόχος της παρούσας μελέτης ήταν να εξεταστεί η επίδραση ένας κανονικού αγώνα καλαθοσφαίρισης, ώστε να δούμε τον πραγματικό αντίκτυπο που μπορεί να έχει στη μηχανική της προσγείωσης.

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα δεδομένα της βιβλιογραφίας συμπεραίνουμε ότι ο κανονικός αγώνας, σε σχέση με τα διάφορα πρωτόκολλα κόπωσης, έχει διαφορετικά αποτελέσματα, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι τα πρωτόκολλα κόπωσης προκαλούν κατά βάση μεγαλύτερο επίπεδο κόπωσης.

Είναι άξιο προβληματισμού το γεγονός ότι στην παρούσα μελέτη υπάρχουν κάποιες αλλαγές στη μηχανική της προσγείωσης, παρόλη τη μη ύπαρξη σημαντικής κόπωσης, όπως αυτή μετρήθηκε μέσω του κατακόρυφου άλματος και της κλίμακας Borg. Σε προηγούμενη μελέτη αναφέρεται ότι τα πρωτόκολλα κόπωσης μπορεί να μην αποτυπώνουν την κόπωση που σχετίζεται με τις εξειδικευμένες απαιτήσεις ενός αθλήματος, που αποτελούν τις αιτίες για την αύξηση των τραυματισμών όσο ο αγώνας εξελίσσεται (Cone et al., 2012). Στην παρούσα μελέτη, κατά τη διάρκεια του αγώνα οι αθλητές πραγματοποίησαν μεγάλο αριθμό αλμάτων, αλλαγές κατεύθυνσης αλλά και σπριντ, συμμετείχαν σε καταστάσεις επιβάρυνσης του μυοσκελετικού τους συστήματος. Ένα πιθανό εύρημα που προκύπτει από τη συγκεκριμένη μελέτη είναι ότι η επίδραση της κόπωσης είναι διαφορετική στον κανονικό αγώνα σε σχέση με τα διάφορα πρωτόκολλα κόπωσης.

### **5.1 Ελλείψεις και περιορισμοί της μελέτης**

Αν και προσπαθήσαμε να παροτρύνουμε τους συμμετέχοντες να αγωνιστούν στον υψηλότερο δυνατό βαθμό, αυτό πιθανόν να μην έγινε πλήρως εφικτό, κάτι που μπορεί να είχε επίδραση στο επίπεδο της προκαλούμενης κόπωσης. Επίσης, μεγαλύτερο δείγμα ίσως να συνέβαλλε στην εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων.

## Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα και προτάσεις

Μετά από έναν αγώνα καλαθοσφαίρισης, φάνηκε ότι οι συμμετέχοντες είχαν μεγαλύτερη βαθμολογία στο LESS, κάτι που υποδηλώνει χειρότερη μηχανική στην προσγείωση από άλμα. Η επίδραση της κόπωσης προκαλούμενης από έναν αγώνα καλαθοσφαίρισης φαίνεται να διαφέρει σε σύγκριση με τα πρωτόκολλα κόπωσης, κυρίως στο μικρότερο επίπεδο κόπωσης, όπως καταγράφηκε. Η κόπωση δεν είναι ο μοναδικός, αλλά είναι ένας βασικός παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει την πρόκληση κάποιου τραυματισμού. Απαιτείται περαιτέρω μελέτη πάνω στην επίδραση που έχει η κόπωση στα νευρομυϊκά χαρακτηριστικά του κάτω άκρου, ώστε, μέσω της καλύτερης κατανόησης του θέματος, να διαμορφωθούν αντίστοιχες βελτιωμένες στρατηγικές πρόληψης τραυματισμών.

Θα είχε ενδιαφέρον, μελλοντικές μελέτες να καταγράψουν τις μεταβολές στην εμβιομηχανική του κάτω άκρου, κατά τη διάρκεια του αγώνα σε διάφορα χρονικά σημεία. Επίσης, ενδιαφέρον θα ήταν και κάποια σύγκριση των αποτελεσμάτων ενός πρωτοκόλλου κόπωσης με τα αποτελέσματα της κόπωσης από ένα κανονικό αγώνα υψηλού αγωνιστικού επιπέδου.



## Κεφάλαιο 7: Βιβλιογραφία

- Agel, J., Olson, D. E., Dick, R., Arendt, E. A., Marshall, S. W., & Sikka, R. S. (2007). Descriptive epidemiology of collegiate women's basketball injuries: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System, 1988-1989 through 2003-2004. *J Athl Train*, 42(2), 202-210.
- Agel, J., Rockwood, T., & Klossner, D. (2016). Collegiate ACL Injury Rates Across 15 Sports: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System Data Update (2004-2005 Through 2012-2013). *Clin J Sport Med*, 26(6), 518-523.
- Alentorn-Geli, E., Myer, G. D., Silvers, H. J., Samitier, G., Romero, D., Lazaro-Haro, C., et al. (2009). Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 17(7), 705-729.
- Ardern, C. L., Webster, K. E., Taylor, N. F., & Feller, J. A. (2011). Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review and meta-analysis of the state of play. *Br J Sports Med*, 45(7), 596-606.
- Bahr, R., & Krosshaug, T. (2005). Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. *Br J Sports Med*, 39(6), 324-329.
- Barber-Westin, S. D., & Noyes, F. R. (2017). Effect of Fatigue Protocols on Lower Limb Neuromuscular Function and Implications for Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Training: A Systematic Review. *Am J Sports Med*, 45(14), 3388-3396.
- Bell, D. R., Pennuto, A. P., & Trigsted, S. M. (2016). The Effect of Exertion and Sex on Vertical Ground Reaction Force Variables and Landing Mechanics. *J Strength Cond Res*, 30(6), 1661-1669.
- Benjaminse, A., Habu, A., Sell, T. C., Abt, J. P., Fu, F. H., Myers, J. B., et al. (2008). Fatigue alters lower extremity kinematics during a single-leg stop-jump task. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 16(4), 400-407.
- Boden, B. P., Dean, G. S., Feagin, J. A., Jr., & Garrett, W. E., Jr. (2000). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics*, 23(6), 573-578.
- Borg, G., & Dahlstrom, H. (1962). A pilot study of perceived exertion and physical working capacity. *Acta Soc Med Ups*, 67, 21-27.
- Borg, G. A. (1973). Perceived exertion: a note on "history" and methods. *Med Sci Sports*, 5(2), 90-93.
- Borotikar, B. S., Newcomer, R., Koppes, R., & McLean, S. G. (2008). Combined effects of fatigue and decision making on female lower limb landing postures: central and peripheral contributions to ACL injury risk. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 23(1), 81-92.
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 50(2), 273-282.
- Brophy, R. H., Schmitz, L., Wright, R. W., Dunn, W. R., Parker, R. D., Andrish, J. T., et al. (2012). Return to play and future ACL injury risk after ACL reconstruction in soccer athletes from the Multicenter Orthopaedic Outcomes Network (MOON) group. *Am J Sports Med*, 40(11), 2517-2522.
- Cone, J. R., Berry, N. T., Goldfarb, A. H., Henson, R. A., Schmitz, R. J., Wideman, L., et al. (2012). Effects of an individualized soccer match simulation on vertical stiffness and impedance. *J Strength Cond Res*, 26(8), 2027-2036.
- Cortes, N., Greska, E., Kollock, R., Ambegaonkar, J., & Onate, J. A. (2013). Changes in lower extremity biomechanics due to a short-term fatigue protocol. *J Athl Train*, 48(3), 306-313.

- Dick, R., Hertel, J., Agel, J., Grossman, J., & Marshall, S. W. (2007). Descriptive epidemiology of collegiate men's basketball injuries: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System, 1988-1989 through 2003-2004. *J Athl Train*, 42(2), 194-201.
- DiStefano, L. J., Marshall, S. W., Padua, D. A., Peck, K. Y., Beutler, A. I., de la Motte, S. J., et al. (2016). The Effects of an Injury Prevention Program on Landing Biomechanics Over Time. *Am J Sports Med*, 44(3), 767-776.
- DiStefano, L. J., Padua, D. A., DiStefano, M. J., & Marshall, S. W. (2009). Influence of age, sex, technique, and exercise program on movement patterns after an anterior cruciate ligament injury prevention program in youth soccer players. *Am J Sports Med*, 37(3), 495-505.
- Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2008). Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *J Physiol*, 586(1), 11-23.
- Freitas, T. T., Calleja-Gonzalez, J., Alarcon, F., & Alcaraz, P. E. (2016). Acute Effects of Two Different Resistance Circuit Training Protocols on Performance and Perceived Exertion in Semiprofessional Basketball Players. *J Strength Cond Res*, 30(2), 407-414.
- Gokeler, A., Eppinga, P., Dijkstra, P. U., Welling, W., Padua, D. A., Otten, E., et al. (2014). Effect of fatigue on landing performance assessed with the landing error scoring system (less) in patients after ACL reconstruction. A pilot study. *Int J Sports Phys Ther*, 9(3), 302-311.
- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Paterno, M. V., & Quatman, C. E. (2016). Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: Cut risk with three sharpened and validated tools. *J Orthop Res*, 34(11), 1843-1855.
- Hootman, J. M., Dick, R., & Agel, J. (2007). Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives. *J Athl Train*, 42(2), 311-319.
- Hulka, K., Lehnert, M., & Belka, J. (2017). Reliability and validity of a basketball-specific fatigue protocol simulating match load. *Acta Gymnica*, 47(2), 92-98.
- Kellis, E., & Kouvelioti, V. (2009). Agonist versus antagonist muscle fatigue effects on thigh muscle activity and vertical ground reaction during drop landing. *J Electromyogr Kinesiol*, 19(1), 55-64.
- Kester, B. S., Behery, O. A., Minhas, S. V., & Hsu, W. K. (2017). Athletic performance and career longevity following anterior cruciate ligament reconstruction in the National Basketball Association. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 25(10), 3031-3037.
- Kilic, O., Van Os, V., Kemler, E., Barendrecht, M., & Gouttebauge, V. (2018). The 'Sequence of Prevention' for musculoskeletal injuries among recreational basketballers: a systematic review of the scientific literature. *Phys Sportsmed*, 1-16.
- Lohmander, L. S., Englund, P. M., Dahl, L. L., & Roos, E. M. (2007). The long-term consequence of anterior cruciate ligament and meniscus injuries: osteoarthritis. *Am J Sports Med*, 35(10), 1756-1769.
- Majewski, M., Susanne, H., & Klaus, S. (2006). Epidemiology of athletic knee injuries: A 10-year study. *Knee*, 13(3), 184-188.
- McLean, S. G., Fellin, R. E., Suedekum, N., Calabrese, G., Passerallo, A., & Joy, S. (2007). Impact of fatigue on gender-based high-risk landing strategies. *Med Sci Sports Exerc*, 39(3), 502-514.
- Noyes, F. R., Matthews, D. S., Mooar, P. A., & Grood, E. S. (1983). The symptomatic anterior cruciate-deficient knee. Part II: the results of rehabilitation, activity modification, and counseling on functional disability. *J Bone Joint Surg Am*, 65(2), 163-174.

- Noyes, F. R., Mooar, P. A., Matthews, D. S., & Butler, D. L. (1983). The symptomatic anterior cruciate-deficient knee. Part I: the long-term functional disability in athletically active individuals. *J Bone Joint Surg Am*, *65*(2), 154-162.
- O'Connor, K. M., Johnson, C., & Benson, L. C. (2015). The Effect of Isolated Hamstrings Fatigue on Landing and Cutting Mechanics. *J Appl Biomech*, *31*(4), 211-220.
- Onate, J., Cortes, N., Welch, C., & Van Lunen, B. L. (2010). Expert versus novice interrater reliability and criterion validity of the landing error scoring system. *J Sport Rehabil*, *19*(1), 41-56.
- Padua, D. A., Arnold, B. L., Perrin, D. H., Gansneder, B. M., Carcia, C. R., & Granata, K. P. (2006). Fatigue, vertical leg stiffness, and stiffness control strategies in males and females. *J Athl Train*, *41*(3), 294-304.
- Padua, D. A., DiStefano, L. J., Beutler, A. I., de la Motte, S. J., DiStefano, M. J., & Marshall, S. W. (2015). The Landing Error Scoring System as a Screening Tool for an Anterior Cruciate Ligament Injury-Prevention Program in Elite-Youth Soccer Athletes. *J Athl Train*, *50*(6), 589-595.
- Padua, D. A., Marshall, S. W., Boling, M. C., Thigpen, C. A., Garrett, W. E., Jr., & Beutler, A. I. (2009). The Landing Error Scoring System (LESS) Is a valid and reliable clinical assessment tool of jump-landing biomechanics: The JUMP-ACL study. *Am J Sports Med*, *37*(10), 1996-2002.
- Patrek, M. F., Kernozek, T. W., Willson, J. D., Wright, G. A., & Doberstein, S. T. (2011). Hip-abductor fatigue and single-leg landing mechanics in women athletes. *J Athl Train*, *46*(1), 31-42.
- Peck, J. (2014). Long-term sequelae and management following anterior cruciate ligament injury. *BMJ Case Rep*, 2014.
- Santamaria, L. J., & Webster, K. E. (2010). The effect of fatigue on lower-limb biomechanics during single-limb landings: a systematic review. *J Orthop Sports Phys Ther*, *40*(8), 464-473.
- Scanlan, A. T., Fox, J. L., Borges, N. R., Delextrat, A., Spiteri, T., Dalbo, V. J., et al. (2017). Decrements in knee extensor and flexor strength are associated with performance fatigue during simulated basketball game-play in adolescent, male players. *J Sports Sci*, 1-9.
- Schmitz, R. J., Cone, J. C., Tritsch, A. J., Pye, M. L., Montgomery, M. M., Henson, R. A., et al. (2014). Changes in drop-jump landing biomechanics during prolonged intermittent exercise. *Sports Health*, *6*(2), 128-135.
- Shimokochi, Y., & Shultz, S. J. (2008). Mechanisms of noncontact anterior cruciate ligament injury. *J Athl Train*, *43*(4), 396-408.
- Shultz, S. J., Schmitz, R. J., Benjaminse, A., Collins, M., Ford, K., & Kulas, A. S. (2015). ACL Research Retreat VII: An Update on Anterior Cruciate Ligament Injury Risk Factor Identification, Screening, and Prevention. *J Athl Train*, *50*(10), 1076-1093.
- Shultz, S. J., Schmitz, R. J., Cone, J. R., Henson, R. A., Montgomery, M. M., Pye, M. L., et al. (2015). Changes in fatigue, multiplanar knee laxity, and landing biomechanics during intermittent exercise. *J Athl Train*, *50*(5), 486-497.
- Soligard, T., Steffen, K., Palmer, D., Alonso, J. M., Bahr, R., Lopes, A. D., et al. (2017). Sports injury and illness incidence in the Rio de Janeiro 2016 Olympic Summer Games: A prospective study of 11274 athletes from 207 countries. *Br J Sports Med*, *51*(17), 1265-1271.
- Taylor, J. B., Ford, K. R., Nguyen, A. D., Terry, L. N., & Hegedus, E. J. (2015). Prevention of Lower Extremity Injuries in Basketball: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Health*, *7*(5), 392-398.

- Thomas, A. C., Palmieri-Smith, R. M., & McLean, S. G. (2011). Isolated hip and ankle fatigue are unlikely risk factors for anterior cruciate ligament injury. *Scand J Med Sci Sports*, 21(3), 359-368.
- Wesley, C. A., Aronson, P. A., & Docherty, C. L. (2015). Lower Extremity Landing Biomechanics in Both Sexes After a Functional Exercise Protocol. *J Athl Train*, 50(9), 914-920.
- Whyte, E. F., Kennelly, P., Milton, O., Richter, C., O'Connor, S., & Moran, K. A. (2017). The effects of limb dominance and a short term, high intensity exercise protocol on both landings of the vertical drop jump: implications for the vertical drop jump as a screening tool. *Sports Biomech*, 1-13.

## Παράρτημα 1: Έντυπο συναίνεσης



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ**



### Έντυπο συναίνεσης δοκιμαζόμενου σε ερευνητική εργασία

**Τίτλος Ερευνητικής Εργασίας:** Η επίδραση της κόπωσης προκαλούμενη από αγώνα καλαθοσφαίρισης στην εμβιομηχανική των κάτω άκρων κατά την προσγείωση από άλμα.

**Επιστημονικός Υπεύθυνος:** Αθανάσιος Τσιόκανος

**Ερευνητές:** Νικόλαος Λιβέρης, (email:liverisn@gmail.com; τηλ. 6983045952)

#### Σκοπός της ερευνητικής εργασίας

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να διερευνήσει την επίδραση της κόπωσης στην εμβιομηχανική της προσγείωσης από άλμα, μετά από έναν αγώνα μπάσκετ.

#### Διαδικασίες

Η διαδικασία της μελέτης περιλαμβάνει: 1) συμπλήρωση ερωτηματολογίων σχετικά με τα δημογραφικά σας στοιχεία και το ιατρικό σας ιστορικό. Αξιολόγηση κατακόρυφου άλματος και εμβιομηχανικής της προσγείωσης μετά από άλμα. 2) αγώνας όπου θα πρέπει να είναι σε αγωνιστικούς ρυθμούς. 3) αξιολόγηση κόπωσης μέσω της κλίμακας borg perceived exertion scale, του κατακόρυφου άλματος, καθώς και της εμβιομηχανικής της προσγείωσης μετά από άλμα.

#### Κίνδυνοι και ενοχλήσεις

Θα νιώσετε τη φυσιολογική κόπωση που προκαλεί ένας αγώνας σε αγωνιστικούς ρυθμούς. Δεν υπάρχει κανένας κίνδυνος τραυματισμού κατά τη διάρκεια των δοκιμασιών. Παρόλα αυτά υπάρχει πρόβλεψη πρώτων βοηθειών και εκπαιδευμένο προσωπικό για κάθε ενδεχόμενο. Αποκλείονται από τη μελέτη όσοι έχουν κάνει χειρουργείο ή έχουν τραυματισμό στα κάτω άκρα το τελευταίο διάστημα και αδυνατούν να ολοκληρώσουν το πειραματικό πρωτόκολλο με ασφάλεια.

#### Προσδοκώμενες ωφέλειες

Με την συμμετοχή σας θα λάβετε πληροφορίες σχετικά με το πρότυπο προσγείωσής σας από το άλμα, πώς το επηρεάζει η κόπωση, αν αυτό είναι ασφαλές, και τι μπορείτε να κάνετε ώστε να το βελτιώσετε.

#### Δημοσίευση δεδομένων – αποτελεσμάτων

Η συμμετοχή σας στην έρευνα συνεπάγεται ότι συμφωνείτε με τη μελλοντική δημοσίευση των αποτελεσμάτων της, με την προϋπόθεση ότι οι πληροφορίες θα είναι ανώνυμες και δεν θα

αποκαλυφθούν τα ονόματα των συμμετεχόντων. Τα δεδομένα που θα συγκεντρωθούν θα κωδικοποιηθούν με αριθμό, ώστε το όνομά σας να μην φαίνεται πουθενά.

### **Πληροφορίες**

Μη διστάσετε να κάνετε ερωτήσεις γύρω από το σκοπό ή τη διαδικασία της έρευνας. Αν έχετε οποιαδήποτε αμφιβολία ή ερώτηση ζητήστε μας να σας δώσουμε διευκρινίσεις.

### **Ελευθερία συναίνεσης**

Η συμμετοχή σας στην εργασία είναι εθελοντική. Είστε ελεύθερος-η να μην συναινέσετε ή να διακόψετε τη συμμετοχή σας όποτε το επιθυμείτε.

### **Δήλωση συναίνεσης**

Διάβασα το έντυπο αυτό και κατανοώ τις διαδικασίες που θα ακολουθήσω. Συναινώ να συμμετάσχω στην ερευνητική εργασία.

Ημερομηνία: \_\_/\_\_/\_\_

Όνοματεπώνυμο και υπογραφή  
συμμετέχοντος

Υπογραφή ερευνητή

Όνοματεπώνυμο και  
υπογραφή παρατηρητή

## Παράρτημα 2: Ερωτηματολόγια – Φόρμα αποτελεσμάτων

Αύξων Αριθμός Εξεταζόμενου

### Γενικά Χαρακτηριστικά

Όνοματεπώνυμο ..... Ημ. γέννησης .....

Φύλο    ΑΝΤΡΑΣ             ΓΥΝΑΙΚΑ

Με ποιο πόδι προτιμάτε να κλωτσάτε τη μπάλα;

ΔΕΞΙ             ΑΡΙΣΤΕΡΟ

### Αθλητική Δραστηριότητα

1. Συμμετέχετε σε κάποια οργανωμένη δραστηριότητα/άθλημα;

ΝΑΙ             ΟΧΙ

Αν ναι, τι άθλημα κάνετε;

ΜΠΑΣΚΕΤ

ΒΟΛΕΥ

2. Σε ποια θέση; .....

3. Πόσα χρόνια ασχολείστε με το συγκεκριμένο άθλημα; .....

4. Πόσες φορές την εβδομάδα ασκείστε οργανωμένα (προπόνηση με την ομάδα);   
φορές/εβδομάδα

5. Για πόσες ώρες σε κάθε προπόνηση;  ώρες

### Ιατρικό Ερωτηματολόγιο

1. Είχατε ποτέ κάποιον σοβαρό τραυματισμό στα κάτω άκρα που σας ανάγκασε να χάσετε προπόνηση ή αγώνα;

ΝΑΙ  ΟΧΙ

Αν ναι, παρακαλώ περιγράψτε:

2. Είχατε ποτέ τραυματισμό προσθίου χιαστού συνδέσμου;

ΝΑΙ  ΟΧΙ

Αν ναι, πριν πόσο καιρό; <6 ΜΗΝΕΣ  6ΜΗΝΕΣ–12 ΜΗΝΕΣ  >12 ΜΗΝΕΣ

3. Έχετε κάνει χειρουργείο στα κάτω άκρα; ΝΑΙ  ΟΧΙ

Αν ναι, πριν πόσο καιρό; <6 ΜΗΝΕΣ  6ΜΗΝΕΣ – 12 ΜΗΝΕΣ  >12 ΜΗΝΕΣ

Τι είδους Χειρουργείο ακριβώς: (πχ αποκατάσταση Χιαστού, μηνίσκου, κ.α.):

4. Αυτή τη στιγμή βρίσκεστε σε περίοδο αποκατάστασης από κάποιον τραυματισμό;

ΝΑΙ  ΟΧΙ

5. Έχετε συμμετάσχει ποτέ σε πρόγραμμα πρόληψης τραυματισμών;

ΝΑΙ  ΟΧΙ

6. Έχετε λάβει διδασκαλία ή συμβουλές για τον τρόπο προσγείωσης από άλμα;

ΝΑΙ  ΟΧΙ

7. Έχετε στο ιατρικό ιστορικό σας κάποια αναπνευστική, καρδιαγγειακή ή νευρολογική πάθηση;

ΝΑΙ  ΟΧΙ

Αν ναι, παρακαλώ διευκρινίστε.....



Αύξων Αριθμός Εξεταζόμενου



### Φόρμα Αποτελεσμάτων

<u>Γενικά – Ανθρωπομετρικά</u>			
Όνομα	.....	Επώνυμο	.....
Βάρος (Kg)	.....		
Ύψος (cm)	.....		
BMI (Kg/m <sup>2</sup> )	.....	Ύψος/2 (cm)	.....

<u>PRE</u>				
Κατακόρυφο Άλμα	1 <sub>ο</sub> .....cm	2 <sub>ο</sub> .....cm	3 <sub>ο</sub> .....cm	Μέσος Όρος .....cm
LESS	1 <sub>ο</sub> .....	2 <sub>ο</sub> .....	3 <sub>ο</sub> .....	Μέσος Όρος .....

<u>POST</u>				
Borg exertion scale		.....		
Κατακόρυφο Άλμα	1 <sub>ο</sub> .....cm	2 <sub>ο</sub> .....cm	3 <sub>ο</sub> .....cm	Μέσος Όρος .....cm
LESS	1 <sub>ο</sub> .....	2 <sub>ο</sub> .....	3 <sub>ο</sub> .....	Μέσος Όρος .....

### Παράρτημα 3: Επεξήγηση τρόπου βαθμολόγησης Landing Error Scoring System (LESS)

Table 1. LESS Items and Number of Subjects Scoring Positive for Each Item (n=2691)

LESS Item	Operational Definition	Camera View	Error Condition	LESS Score
1 Knee flexion angle at initial contact	At the time point of initial contact, if the knee of the test leg is flexed more than 30 degrees, score YES. If the knee is not flexed more than 30 degrees, score NO.	Side	No	Y=0 N=1
2 Hip flexion angle at initial contact	At the time point of initial contact, if the thigh of the test leg is in line with the trunk then the hips are not flexed and score NO. If the thigh of the test leg is flexed on the trunk, score YES.	Side	No	Y=0 N=1
3 Trunk flexion angle at initial contact	At the time point of initial contact, if the trunk is vertical or extended on the hips, score NO. If the trunk is flexed on the hips, score YES.	Side	No	Y=0 N=1
4 Ankle plantar-flexion angle at initial contact	If the foot of the test leg lands toe to heel, score YES. If the foot of the test leg lands heel to toe or with a flat foot, score NO.	Side	No	Y=0 N=1
5 Knee valgus angle at initial contact	At the time point of initial contact, draw a line straight down from the center of the patella. If the line goes through the midfoot, score NO. If the line is medial to the midfoot, score YES.	Front	Yes	Y=1 N=0
6 Lateral trunk flexion angle at initial contact	At the time point of initial contact, if the midline of the trunk is flexed to the left or the right side of the body, score YES. If the trunk is not flexed to the left or right side of the body, score NO.	Front	Yes	Y=1 N=0
7 Stance width – Wide	Once the entire foot is in contact with the ground, draw a line down from the tip of the shoulders. If the line on the side of the test leg is inside the foot of the test leg then greater than shoulder width (wide), score YES. If the test foot is internally or externally rotated, grade the stance width based on heel placement.	Front	Yes	Y=1 N=0
8 Stance width – Narrow	Once the entire foot is in contact with the ground, draw a line down from the tip of the shoulders. If the line on the side of the test leg is outside of the foot then score less than shoulder width (narrow), score YES. If the test foot is internally or externally rotated, grade the stance width based on heel placement.	Front	Yes	Y=1 N=0
9 Foot position - Toe In	If the foot of the test leg is internally more than 30 degrees between the time period of initial contact and max knee flexion, then score YES. If the foot is not internally rotated more than 30 degrees between the time period of initial contact to max knee flexion, score NO.	Front	Yes	Y=1 N=0
10 Foot position - Toe Out	If the foot of the test leg is externally rotated more than 30 degrees between the time period of initial contact and max knee flexion, then score YES. If the foot is not externally rotated more than 30 degrees between the time period of initial contact to max knee flexion, score NO.	Front	Yes	Y=1 N=0
11 Symmetric initial foot contact	If one foot lands before the other or if one foot lands heel to toe and the other lands toe to heel, score NO. If the feet land symmetrically, score YES.	Front	No	Y=0 N=1
12 Knee flexion displacement	If the knee of the test leg flexes more than 45 degrees from initial contact to max knee flexion, score YES. If the knee of the test leg does not flex more than 45 degrees, score NO.	Side	No	Y=0 N=1
13 Hip flexion at max knee flexion	If the thigh of the test leg flexes more on the trunk from initial contact to max knee flexion angle, score YES.	Side	No	Y=0 N=1
14 Trunk flexion at max knee flexion	If the trunk flexes more from the point of initial contact to max knee flexion, score YES. If the trunk does not flex more, score NO.	Side	No	Y=0 N=1

15	Knee valgus displacement	At the point of max knee valgus on the test leg, draw a line straight down from the center of the patella. If the line runs through the great toe or is medial to the great toe, score YES. If the line is lateral to the great toe, score NO.	Front	Yes	Y=1 N=0
16	Joint displacement	Watch the sagittal plane motion at the hips and knees from initial contact to max knee flexion angle. If the subject goes through large displacement of the trunk, hips, and knees then score SOFT. If the subject goes through some trunk, hip, and knee displacement but not a large amount, then AVERAGE. If the subject goes through very little, if any trunk, hip, and knee displacement, then STIFF.	Side	Average or Stiff (double penalty for Stiff)	Soft=0 Av.=1 Stiff=2
17	Overall impression	Score EXCELLENT if the subject displays a soft landing and no frontal plane motion at the knee. Score POOR if the subject displays a stiff landing and large frontal plane motion at the knee. All other landings, score AVERAGE.	Side, Front	Average or Poor (double penalty for Poor)	Ex.=0 Av.=1 Poor=2

<sup>3</sup>Number and percent of subjects scored positive on each item. For items 1-15, a positive score was defined as an Error on at least 2 of the 3 trials. For items 16 & 17, a positive score was defined as Average on at least 2 of 3 trials or Poor/Stiff on at least 1 of 3 trials.

(Padua et al., 2009)