



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



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΠΟΥ ΥΠΟΒΑΛΛΕΤΑΙ ΣΤΗ**  
**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ**  
**ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΘΕΜΑ: ΠΟΙΑ ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΛΜΑΤΩΝ ΒΑΘΟΥΣ ΕΙΝΑΙ**  
**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΕΡΗ: ΤΟ ΑΛΜΑ ΒΑΘΟΥΣ ΜΕ ΓΡΗΓΟΡΗ**  
**ΑΝΑΠΗΔΗΣΗ Η ΜΕ ΥΠΟΧΩΡΗΤΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ**

**ΤΟΥ ΦΟΙΤΗΤΗ ΙΩΑΝΝΗ Γ. ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΥ**

**A.M. : 0712048**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΤΣΙΟΚΑΝΟΣ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ**  
**ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

**ΤΡΙΚΑΛΑ 2017**

© 2017

*Ιωάννης Γ. Γιαννακόπουλος*

*ALL RIGHTS RESERVED*

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις βαθιές μου ευχαριστίες προς τη Διεύθυνση της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την παραχώρηση άδειας πρόσβασης στα μηχανήματα και στον εξοπλισμό του εργαστηρίου της Εμβιομηχανικής του Τμήματος, αφού έτσι μου δόθηκε η δυνατότητα για επιτυχή ολοκλήρωση των μετρήσεων και εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Θεμιστοκλή Τσαταλά, αλλά και τον μεταπτυχιακό φοιτητή Κωνσταντίνο Παπανικολάου για τη βοήθειά τους κατά τη διαδικασία των μετρήσεων.

Κυρίως όμως θα ήθελα να εκφράσω τις βαθιές μου ευχαριστίες προς τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Αθανάσιο Τσιόκανο, για τη βοήθεια και την καθοδήγηση που μου παρέσχε, αλλά και για την προσωπική σχέση που αναπτύξαμε.

## Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Η

**Ιωάννης Γιαννακόπουλος: Ποια τεχνική αλμάτων βάθους είναι αποτελεσματικότερη, το άλμα βάθους με γρήγορη αναπήδηση ή με υποχωρητική κίνηση;**

(Υπό την επίβλεψη του κ. Αθανάσιου Τσιόκανου)

**Λέξεις κλειδιά:** *άλμα βάθους, τεχνικές αλμάτων βάθους, δυνάμεις αντίδρασης εδάφους*

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας δύο τεχνικών αλμάτων βάθους, εκείνης με γρήγορη αναπήδηση (Bounce Drop Jump – BDJ) και εκείνης με υποχωρητική κίνηση (Counter-Movement Drop Jump - CMDJ) με κριτήριο την επίδοση στο μέγιστο ύψος άλματος. Συνολικά 10 φοιτητές ΤΕΦΑΑ συμμετείχαν σε δοκιμασίες των δύο τεχνικών αλμάτων βάθους, σε μια προσπάθεια να διακρίνουμε τις διαφορές τόσο στην επίδοση όσο και στην οργάνωση των εφαρμοζόμενων δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους (GRF). Για το σκοπό αυτό καταγράφηκαν τα δυναμικά και χρονικά χαρακτηριστικά των προσπάθειών των δοκιμαζόμενων με δυναμοδάπεδο Bertec, ενώ η επίδοση στο άλμα υπολογίστηκε μέσω του χρόνου πτήσης. Ακόμη, επιχειρήθηκαν άλματα βάθους με απλή αναπήδηση(BDJ) από ύψος πτώσης 30, 40, 50 και 60 cm, σε μια προσπάθεια να αναζητηθεί το βέλτιστο ύψος πτώσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρξε διαφορά στην επίδοση των BDJ από τα διάφορα ύψη πτώσης. Διαφορά υπήρξε μεταξύ των δύο τεχνικών BDJ και CMDJ από ύψος πτώσης 30 cm με το δεύτερο να πλεονεκτεί έναντι του πρώτου (υψηλότερη επίδοση). Κατά το BDJ, όπως ήταν αναμενόμενο, καταγράφηκαν εντονότερες κορυφώσεις της κάθετης δύναμης αντίδρασης του εδάφους και μεγαλύτερος ρυθμός ανόδου και πτώσης της δύναμης αυτής σε σχέση με το CMDJ. Η μη ύπαρξη διαφορών στα άλματα BDJ από διάφορα ύψη πιθανόν να οφείλεται στη γρήγορη αντίδραση, που δεν επιτρέπει την επίτευξη ενός ικανοποιητικού διαστήματος κατακόρυφης επιτάχυνσης του ΚΜΣ, καθώς και την επαρκή χρησιμοποίηση του μυοτενόντιου συστήματος για αποθήκευση ελαστικής ενέργειας σε έναν κύκλο διάτασης βράχυνσης, και τις όποιες απορρέουσες από αυτά διαφοροποιήσεις στην επίδοση.

## ABSTRACT

**John Giannakopoulos: Which drop jump technique is most effective, bounce drop jump(BDJ) or counter-movement drop jump(CDJ)?**

(Under the supervision of Dr. Athanasios Tsiokanos)

**Keywords:** *drop jump, bounce drop jump, counter-movement drop jump, ground reaction forces*

The aim of this study was to examine the effectiveness of two drop jump techniques, bounce drop jump(BDJ) and counter-movement drop jump(CDJ), on the performance of maximum vertical jump height. Ten male students of physical education and sports science, took part in tests of drop jump techniques in order to distinguish differences, not only on the performance but also on the ground reaction forces (GRF) as well. For this purpose, dynamic and time characteristics were recorded with a Bertec force platform, while the maximum vertical jump height was calculated through the flight time. Also, bounce drop jumps were attempted from heights of 30, 40, 50, 60 cm in order to find the optimized drop height. The results showed that there was no difference on the performance of BDJ from the various drop heights. A difference was found between BDJ and CDJ from the drop height of 30 cm, with the latter being more effective as the parameter of maximum vertical jump height is concerned. Also, during the execution of BDJ, as it was expected, not only the values of vertical GRFs but also the rate of force development (RFD), were higher than those of CDJ. Finding no differences on bounce drop jumps from the diverse heights, is likely to be happening due to the rapidity of the movement which does not allow the subjects achieve a satisfactory vertical acceleration of their center of mass, as also the enough use of muscle-tendon system for the storage of elastic energy into a stretch-shortening cycle and any resulting variation on the performance.



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

	Σελ.
<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....</b>	<b>3</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>5</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....</b>	<b>6</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ ΚΑΙ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ.....</b>	<b>7</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ.....</b>	<b>8</b>
<b>I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>9</b>
Σκοπός της έρευνας.....	10
Μηδενικές υποθέσεις.....	10
Λειτουργικοί ορισμοί.....	11
Περιορισμοί- οριοθετήσεις της έρευνας.....	11
<b>II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....</b>	<b>12</b>
<b>III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....</b>	<b>13</b>
Δείγμα, όργανα μέτρησης.....	13
Διαδικασία μετρήσεων.....	13
Στατιστική ανάλυση.....	14
<b>IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>15</b>
Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά.....	15
Επίδοση στο άλμα.....	16
GRF peak.....	18
Ρυθμός ανόδου της GRF.....	20
Ρυθμός πτώσης της GRF.....	21
Ρυθμός ανάπτυξης-πτώσης της GRF.....	22
<b>V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>24</b>
<b>VI. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>26</b>

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

**Πίνακας 1:** Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά

**Πίνακας 2:** Επίδοση-Μέγιστο ύψος άλματος

**Πίνακας 3:** Χρόνος επαφής με το έδαφος πριν το κατακόρυφο άλμα

**Πίνακας 4:** Μέγιστη κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης εδάφους

**Πίνακας 5:** Ρυθμός ανάπτυξης-πτώσης της κατακόρυφης δύναμης αντίδρασης του εδάφους

**Πίνακας 6:** Διάρκεια ανάπτυξης-πτώσης της κατακόρυφης δύναμης αντίδρασης του εδάφους

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

**Γράφημα 1:** Επίδοση στο άλμα βάθους από 30 cm των BDJ και CDJ

**Γράφημα 2:** Μέγιστη κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης εδάφους στα άλματα

**Γράφημα 3:** Μέγιστη κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης εδάφους μεταξύ BDJ30 και CDJ30

**Γράφημα 4:** Χαρακτηριστική μορφή της κατακόρυφης συνιστώσας της δύναμης αντίδρασης του εδάφους κατά τα άλματα

**Γράφημα 5:** Σύγκριση του ρυθμού πτώσης της δύναμης αντίδρασης του εδάφους μεταξύ BDJ30 και CDJ30

**Γράφημα 6:** Ρυθμός ανάπτυξης και πτώσης της δύναμης αντίδρασης του εδάφους στο BDJ30

**Γράφημα 7:** Ρυθμός ανάπτυξης και πτώσης της δύναμης αντίδρασης του εδάφους στο CDJ30



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

**DJ** = Άλμα βάθους

**DH** = Ύψος πτώσης

**K.M.C.** = Κέντρο μάζας σώματος

**G.R. F.** = Δύναμη αντίδρασης του εδάφους

**V.G.R. F.** = Κατακόρυφη συνιστώσα της δύναμης αντίδρασης του εδάφους

**BDJ** = Bounce Drop Jump (άλμα βάθους με γρήγορη αναπήδηση)

**CDJ** = Counter-movement Drop Jump (άλμα βάθους με υποχωρητική κίνηση)

**B.M.I** = Δείκτης μάζας σώματος

**BW** = Σωματικό βάρος

**J.H** = Μέγιστο ύψος άλματος

**Fmax** = Μέγιστη κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης του εδάφους

**Tc** = Χρόνος επαφής με το έδαφος (πριν το άλμα)

**Fexp1** = Ρυθμός ανάπτυξης της κατακόρυφης δύναμης

**Fexp2** = Ρυθμός πτώσης της κατακόρυφης δύναμης

## I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως είναι ευρέως γνωστό η πλειομετρική προπόνηση είναι πολύ ωφέλιμη για τους αθλητές. Πολλοί επαγγελματίες αλλά και αθλητές Ολυμπιακών Αγώνων ενσωματώνουν πλειομετρικές ασκήσεις στα προπονητικά τους προγράμματα, έχοντας ως σκοπό να βελτιώσουν όχι μόνο τις αλτικές τους ικανότητες αλλά και την μυϊκή τους δύναμη. Οι πλειομετρικές ασκήσεις είναι ασκήσεις κατά τη διάρκεια των οποίων οι μύες που ενεργοποιούνται παράγουν μέγιστη δύναμη σε μικρή χρονική περίοδο με σκοπό την αύξηση και βελτίωση της ισχύος (δύναμη-ταχύτητα). Αυτό το είδος των ασκήσεων επικεντρώνεται στην εκμάθηση του μύος να μεταβαίνει από τη φάση διάτασης στη φάση βράχυνσης όσο το δυνατόν γρηγορότερα και με βίαιο τρόπο. Χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον από ταχυδυναμικούς αθλητές, όπως σπρίντερς και άλτες, για τη βελτίωση της απόδοσης και της επίδοσης, κατά συνέπεια και η παρουσία τους στα προπονητικά προγράμματα των αθλητών παγκοσμίως συνεχώς πληθαίνει με την πάροδο του χρόνου.

Μία από τις δημοφιλέστερες, αν όχι η δημοφιλέστερη πλειομετρική άσκηση, είναι το άλμα βάθους ή drop jump. Κατά την εκτέλεση του drop jump ζητείται από τους αθλητές να εκτελέσουν άλμα βάθους από ορισμένο ύψος και ταυτόχρονα κατά την προσγείωση ένα μέγιστο κάθετο άλμα, με σκοπό τη μέγιστη κάθετη ανύψωση του κέντρου μάζας του σώματος. Πιο συγκεκριμένα, ο αθλητής βιώνει μία έντονη κρούση τη στιγμή της προσγείωσης, κατά την οποία οι εκτείνοντες μύες της ποδοκνημικής, του γόνατος και του ισχίου ιφίστανται μία ισχυρή έκκεντρη σύσπαση. Για να αντιδράσουν εκρηκτικά οι μύες σε αυτή την αλλαγή, η σύσπαση αυτή μετατρέπεται γρήγορα σε ισομετρική κατά τη φάση της παύσης της κίνησης και τέλος σε σύγκεντρη, ώστε να πραγματοποιηθεί η ανύψωση. Κατά τη διάρκεια της έκκεντρης σύσπασης οι τένοντες κυρίως, και όχι τόσο οι μύες, αποθηκεύουν ελαστική ενέργεια, την οποία στη συνέχεια την εκμεταλλεύονται όσο το δυνατόν καλύτερα κατά τη σύγκεντρη φάση. Όλα τα παραπάνω συμβαίνουν σε κλάσματα του δευτερολέπτου, γεγονός που επιτρέπει στον αθλητή να πηδήξει όσο το δυνατόν ψηλότερα.

Υπάρχουν δύο παράμετροι κατά την εκτέλεση του drop jump που ένας προπονητής μπορεί να μεταβάλει ανάλογα με το σκοπό του προπονητικού του προγράμματος. Η μία είναι η τεχνική εκτέλεσης του άλματος και η άλλη το ύψος πτώσης από το οποίο αυτό θα γίνει. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία δύο είναι οι πιο διαδεδομένες τεχνικές εκτέλεσης:

- Η πρώτη ονομάζεται bounce drop jump (BDJ) και κατά την εκτέλεσή της ζητείται από τους δοκιμαζόμενους να αναστρέψουν την προς τα κάτω

ταχύτητα σε ταχύτητα προς τα πάνω, όσο το δυνατόν γρηγορότερα μετά την προσγείωση.

- Η δεύτερη ονομάζεται counter-movement drop jump (CDJ) και κατά την εκτέλεση της ζητείται από τους δοκιμαζόμενους να αναστρέψουν αυτή την ταχύτητα πιο ομαλά, κάνοντας μία μεγαλύτερη κίνηση υποχώρησης κατά την προσγείωση.

### **Σκοπός της έρευνας**

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας των δύο αυτών τεχνικών, όσον αφορά την επίδοση στο μέγιστο ύψος άλματος, αλλά και τυχόν διαφοροποιήσεις στην οργάνωση των εφαρμοζόμενων δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους (GRF) μέσω της εμβιομηχανικής ανάλυσής τους.

Ακόμη, επιχειρήθηκε η αναζήτηση του βέλτιστου ύψους πτώσης.

Για την πειραματική προσέγγιση του προβλήματος έγιναν οι παρακάτω υποθέσεις:

### **Μηδενικές υποθέσεις**

- 1<sup>η</sup> Μηδενική υπόθεση: Η διαφορά της επίδοσης στο άλμα σε ύψος μεταξύ των αλμάτων βάθους με γρήγορη αναπήδηση από διάφορα ύψη ισούται με μηδέν.
- 2<sup>η</sup> Μηδενική υπόθεση: Η διαφορά της επίδοσης στο άλμα σε ύψος μεταξύ των αλμάτων βάθους με γρήγορη αναπήδηση και με υποχωρητική κίνηση από ύψος πτώσης 30 cm ισούται με μηδέν.
- 3<sup>η</sup> Μηδενική υπόθεση: Η διαφορά στην κορύφωση της δύναμης της κατακόρυφης συνιστώσας των δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους μεταξύ των αλμάτων βάθους με γρήγορη αναπήδηση από διάφορα ύψη ισούται με μηδέν.
- 4<sup>η</sup> Μηδενική υπόθεση: Η διαφορά στην κορύφωση της δύναμης της κατακόρυφης συνιστώσας των δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους μεταξύ των αλμάτων βάθους με γρήγορη αναπήδηση και με υποχωρητική κίνηση από ύψος πτώσης 30 cm ισούται με μηδέν.

- 5<sup>η</sup> Μηδενική υπόθεση: Η διαφορά στον ρυθμό ανόδου της δύναμης της κατακόρυφης συνιστώσας των δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους μεταξύ των αλμάτων βάθους με γρήγορη αναπήδηση και με υποχωρητική κίνηση από ύψος πτώσης 30 cm ισούται με μηδέν.
- 6<sup>η</sup> Μηδενική υπόθεση: Η διαφορά στον ρυθμό πτώσης της δύναμης της κατακόρυφης συνιστώσας των δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους μεταξύ των αλμάτων βάθους με γρήγορη αναπήδηση και με υποχωρητική κίνηση από ύψος πτώσης 30 cm ισούται με μηδέν.
- 7<sup>η</sup> Μηδενική υπόθεση: Η διαφορά μεταξύ των ρυθμών ανόδου και πτώσης της δύναμης της κατακόρυφης συνιστώσας των δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους στο άλμα βάθους με γρήγορη αναπήδηση από ύψος πτώσης 30 cm ισούται με μηδέν.
- 8<sup>η</sup> Μηδενική υπόθεση: Η διαφορά μεταξύ των ρυθμών ανόδου και πτώσης της δύναμης της κατακόρυφης συνιστώσας των δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους στο άλμα βάθους με υποχωρητική κίνηση από ύψος πτώσης 30 cm ισούται με μηδέν.

### **Λειτουργικοί ορισμοί**

- Σωματομετρικά χαρακτηριστικά: Σωματική μάζα(kg), Ανάστημα (cm), Δείκτης μάζας σώματος
- Δυναμικά χαρακτηριστικά: Κάθετη δύναμη αντίδρασης τους εδάφους, Μέγιστη κάθετη δύναμη αντίδρασης εδάφους, Ρυθμός ανόδου δύναμης, Ρυθμός πτώσης δύναμης, Ρυθμός ανόδου-πτώσης δύναμης

### **Περιορισμοί-οριοθετήσεις της έρευνας**

- Ενήλικα άτομα
- Υγιή άτομα
- Χωρίς πρόσφατο μυοσκελετικό τραυματισμό
- Εξοικειωμένα με την πλειομετρική προπόνηση
- Κατάλληλη προθέρμανση πρις τις μετρήσεις

## II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

- Οι αθλητές που προετοιμάζονται για εκρηκτικές δραστηριότητες, που από τη φύση τους περιλαμβάνουν κάθετα άλματα και όχι μόνο, συνιστάται να περιλαμβάνουν στα προπονητικά τους προγράμματα πλειομετρικές ασκήσεις (Blattner & Noble, 1979; Booth & Orr, 2016; Markovic, 2007; Markovic & Mikulic, 2010; Slimani, Chamari, Miarka, Del Vecchio, & Chéour, 2016).
- Πιο συγκεκριμένα, μία από τις πιο δημοφιλείς είναι το άλμα βάθους ή drop jump. Αθλητές που συμμετείχαν σε προπονητικά προγράμματα που περιλάμβαναν drop jumps, βελτίωσαν σημαντικά την ικανότητα κάθετου άλματος (Blattner & Noble, 1979; Bobbert, 1990; Clutch, Wilton, McGown, & Rex Bryce, 1983; Markovic, 2007; McClenton, Brown, Coburn, & Kersey, 2008), αλλά και τη νευρομυϊκή συναρμογή των κάτω άκρων τους (Alkjaer, Meyland, Raffalt, Lundbye-Jensen, & Simonsen, 2013).
- Επιπροσθέτως, μία άκρως ενδιαφέρουσα εργασία έδειξε ότι η ευκινησία 18 φοιτητών βελτιώθηκε σημαντικά μετά από ένα παρεμβατικό πρόγραμμα προπόνησης 6 εβδομάδων, που περιλάμβανε άλματα βάθους (Asadi, 2012).
- Όσον αναφορά την τεχνική εκτέλεσης, μελέτες που έχουν ασχοληθεί με την παράμετρο αυτή χαρακτηρίζουν το BDJ πιο αποδοτικό σε αθλητές που θέλουν να βελτιώσουν την μηχανική παραγωγή δύναμης των εκτεινόντων μυών του γόνατος (Bobbert, 1990; Bobbert, Huijing, & Schenau, 1987a; Jidovtseff, Quievre, Harris, & Cronin, 2014).
- Όσον αναφορά το ύψος πτώσης, ενδείκνυται οι προπονητές και οι ερευνητές να περιορίζονται στα 20-40 cm, αφού στα μεγαλύτερα ύψη η παραγωγή μηχανικής δύναμης των μυών των κάτω άκρων δεν αυξάνεται, αλλά υπάρχει και μεγάλος κίνδυνος τραυματισμού (Bobbert, Huijing, & Schenau, 1987b).
- Τέλος, μια έρευνα (Walsh, Arampatzis, Schade, & Brüggemann, 2004) αναφέρει ότι η τεχνική εκτέλεσης του άλματος βάθους διαδραματίζει σημαντικότερο ρόλο σε σχέση με το ύψος πτώσης σε παραμέτρους που αφορούν την απόδοση.

### III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

**1.Δείγμα:** Στην έρευνα συμμετείχαν 10 υγιείς αθλητές-φοιτητές της Σχολής Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, ηλικίας 21-25 ετών.

**2.Όργανα μέτρησης:** Η συλλογή των πρωτογενών δεδομένων έγινε με τη χρήση δυναμοδαπέδου (Bertec force platform). Επίσης χρησιμοποιήθηκαν ξύλινα κουτιά ύψους 30, 40, 50 και 60 cm. Για τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά (βάρος-ύψος-ΔΜΣ) χρησιμοποιήθηκε ζυγαριά με ενσωματωμένο αναστημόμετρο.

**3.Διαδικασία μετρήσεων:** Οι μετρήσεις για τη συλλογή των δεδομένων διεξήχθησαν σε 2 διαφορετικές ημέρες:

- **Ημέρα 1<sup>η</sup>:** Αφού έγινε συλλογή των σωματομετρικών χαρακτηριστικών των συμμετεχόντων (βάρος-ύψος-ΔΜΣ), οι δοκιμαζόμενοι ακολούθησαν συγκεκριμένη ρουτίνα προθέρμανσης, ειδικά σχεδιασμένη για πλειομετρική προπόνηση (δυναμικές διατάσεις, ασκήσεις δύναμης, πλειομετρικές προασκήσεις). Ύστερα εκτέλεσαν 3 δοκιμαστικά Bounce Drop Jumps από ύψος 30 cm και στη συνέχεια άλλα 2 ίδια, τα οποία μετρήθηκαν και κρατήθηκαν για ανάλυση. Η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε και για τα Counter-movement Drop Jumps. Να τονιστεί ότι όλα τα άλματα της έρευνας εκτελέστηκαν με τα χέρια λυγισμένα σε αδρανή θέση δίπλα από τα ισχία.
- **Ημέρα 2<sup>η</sup>:** Οι συμμετέχοντες, αφού ακολούθησαν συγκεκριμένη ρουτίνα προθέρμανσης, ειδικά σχεδιασμένη για πλειομετρική προπόνηση (δυναμικές διατάσεις, ασκήσεις δύναμης, πλειομετρικές προασκήσεις), εκτέλεσαν 3 δοκιμαστικά Bounce Drop Jumps από ύψος 40 cm και στη συνέχεια άλλα 2 ίδια, τα οποία μετρήθηκαν και κρατήθηκαν για ανάλυση. Η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε και για τα ύψη 50 και 60 cm.

#### **4.Στατιστική Ανάλυση:**

Η στατιστική ανάλυση έγινε με το πακέτο IBM Statistics SPSS 21 και περιλάμβανε:

- Περιγραφική στατιστική (μέση τιμή, τυπική απόκλιση) των εξεταζόμενων μεταβλητών
- Ανάλυση paired t-test για σύγκριση των μέσων τιμών των εξεταζόμενων μεταβλητών μεταξύ του άλματος σε βάθους με γρήγορη αναπήδηση και του αντίστοιχου με υποχωρητική κίνηση από ύψος πτώσης 30 cm
- Ανάλυση διακύμανσης απλής κατεύθυνσης για σύγκριση των μέσων τιμών των εξεταζόμενων μεταβλητών μεταξύ των αλμάτων βάθους με γρήγορη αναπήδηση από διάφορα ύψη. Εφαρμόστηκε επίσης Bonferroni test για post hoc συγκρίσεις.

Το επίπεδο σημαντικότητας για τις συγκρίσεις τέθηκε στο  $p < 0.05$ .

## IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά

**Πίνακας 1.** Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων.

	Ανάστημα (m)	Σωματική μάζα (kg)	MBI	Ηλικία (έτη)
<i>M</i>	1.77	76.4	24.33	22.5
<i>SD</i>	0.07	10.8	2.27	4.1

M = μέση τιμή, SD = τυπική απόκλιση

Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της περιγραφικής στατιστικής (μέση τιμή, τυπική απόκλιση) των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών των δοκιμαζομένων.

Η ηλικία των δοκιμαζομένων ήταν κατά μέσο όρο 22.5 έτη με τυπική απόκλιση 4.1 έτη.

Το ανάστημά τους, κατά μέσο όρο, ήταν 1.77 μέτρα με την τυπική απόκλιση να μην υπερβαίνει τα 0.07 μέτρα.

Όσον αφορά τη σωματική τους μάζα, ο μέσος όρος των δοκιμαζομένων άγγιξε τα 76.4 χιλιόγραμμα έχοντας τυπική απόκλιση 10.8. Επίσης ο δείκτης μάζας σώματός τους κυμαινόταν στο 24.33 κατά μέσο όρο, με τυπική απόκλιση 2.27.

Συμπερασματικά, οι δοκιμαζόμενοι κατά μέσο όρο είχαν φυσιολογικά ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά.





## Επίδοση στο άλμα

Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές και οι τυπικές αποκλίσεις των επιδόσεων των δοκιμαζομένων για όλα τα άλματα που επιχειρήθηκαν. Όπως είναι προφανές, δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιδόσεων στα άλματα βάθους με γρήγορη αναπήδηση(BDJ) από τα διάφορα ύψη πτώσης (30, 40, 50, 60 cm).

Στατιστικά σημαντικές διαφορές βρέθηκαν μεταξύ της επίδοσης στο άλμα βάθους με γρήγορη αναπήδηση (BDJ) και στο άλμα βάθους με υποχωρητική κίνηση (CDJ) από το ύψος των 30 cm

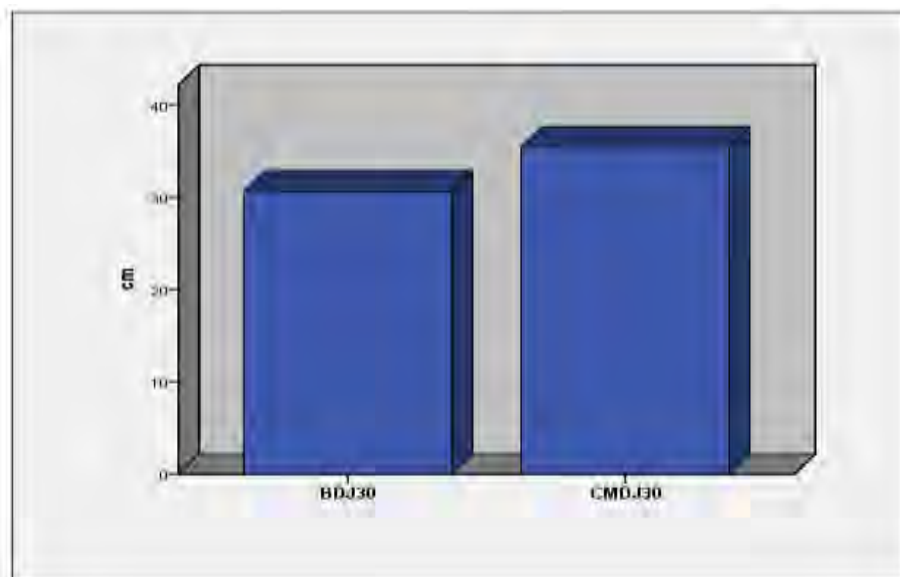
( $t_{(9)} = 2.888$ ,  $p < 0.05$ ), με το BDJ30 ( $30.6 \pm 5.8$  cm) να είναι εμφανέστατα μικρότερο του CDJ30 ( $35.4 \pm 5.1$  cm), όπως φαίνεται στο γράφημα 1.

**Πίνακας 2.** Μέγιστη επίδοση των αλμάτων σε ύψος (cm).

	JHBDJ30	JHCDJ30	JHBDJ40	JHBDJ50	JHBDJ60
<b>M</b>	<b>30.6</b>	<b>35.4</b>	<b>30.5</b>	<b>29.7</b>	<b>30.3</b>
<b>SD</b>	<b>5.8</b>	<b>5.1</b>	<b>4.7</b>	<b>5.5</b>	<b>6.0</b>

M = μέση τιμή, SD = τυπική απόκλιση

**Γράφημα 1.** Επίδοση στο άλμα βάθους από 30 cm των BDJ και CDJ



Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται οι χρόνοι επαφής με το έδαφος πριν το κατακόρυφο άλμα όλων των αλμάτων. Ο χρόνος επαφής με το έδαφος πριν το κατακόρυφο άλμα είναι ανάλογος με την επίδοση. Πιο συγκεκριμένα, όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος επαφής με το έδαφος τόσο μεγαλύτερη είναι και η επίδοση. Όπως φαίνεται στον πίνακα, κατά την εκτέλεση του CDJ30 ( $597 \pm 72$  ms) ο χρόνος επαφής με το έδαφος είναι κατά πολύ μεγαλύτερος από αυτόν του BDJ30 ( $251 \pm 60$  ms). Αυτό εξηγεί και τη μεγάλη διαφορά που υπήρξε στην επίδοση μεταξύ των δύο αυτών αλμάτων (γράφημα 1).

**Πίνακας 3.** Χρόνος επαφής πριν το κατακόρυφο άλμα (ms)

	<b>TcBDJ30</b>	<b>TcCDJ30</b>	<b>TcBDJ40</b>	<b>TcBDJ50</b>	<b>TcBDJ60</b>
<b><i>M</i></b>	<b>251</b>	<b>597</b>	<b>216</b>	<b>232</b>	<b>254</b>
<b><i>SD</i></b>	<b>60</b>	<b>72</b>	<b>27</b>	<b>40</b>	<b>63</b>

M = μέση τιμή, SD = τυπική απόκλιση

## GRF peak

Στον πίνακα 4 παρουσιάζονται οι κορυφώσεις της κατακόρυφης συνιστώσας της δύναμης αντίδρασης του εδάφους, κατά το πρώτο μισό της κίνησης (πριν το κατακόρυφο άλμα), όλων των αλμάτων που επιχειρήθηκαν.

Η στατιστική ανάλυση έδειξε διαφορές στην κορύφωση αυτή, όχι μόνο μεταξύ των αλμάτων από τα διάφορα ύψη πτώσης, αλλά και μεταξύ των δύο τεχνικών εκτέλεσης από το ύψος πτώσης των 30 cm.

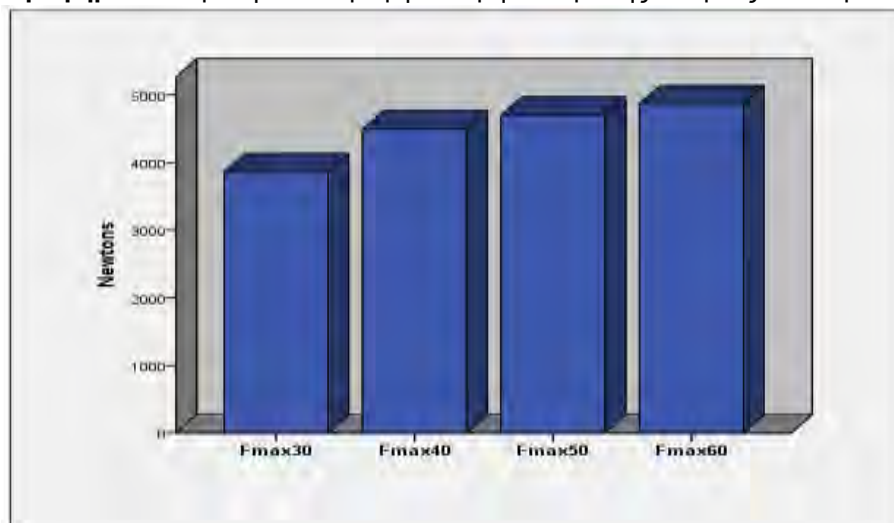
Πιο συγκεκριμένα, υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των κορυφώσεων της κατακόρυφης δύναμης αντίδρασης του εδάφους στα άλματα βάθους με γρήγορη αναπήδηση (BDJ) από τα διάφορα ύψη ( $F_{(3,27)} = 5.379$ ,  $p < 0.05$ ). Επισημαίνεται ότι αυτό οφείλεται μόνο στη διαφορά της  $F_{max}$  από 30 cm με την  $F_{max}$  των υπόλοιπων υψών. Η διαφορά της μέγιστης κατακόρυφης δύναμης αντίδρασης του εδάφους μεταξύ των BDJ40, BDJ50, BDJ60 cm δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική (γράφημα 2).

**Πίνακας 4.** Μέγιστη κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης του εδάφους των αλμάτων (N).

	<b>FmaxBDJ30</b>	<b>FmaxCDJ30</b>	<b>FmaxBDJ40</b>	<b>FmaxBDJ50</b>	<b>FmaxBDJ60</b>
<b>M</b>	<b>3859</b>	<b>2128</b>	<b>4491</b>	<b>4698</b>	<b>4866</b>
<b>SD</b>	<b>1004</b>	<b>510</b>	<b>878</b>	<b>1029</b>	<b>1097</b>

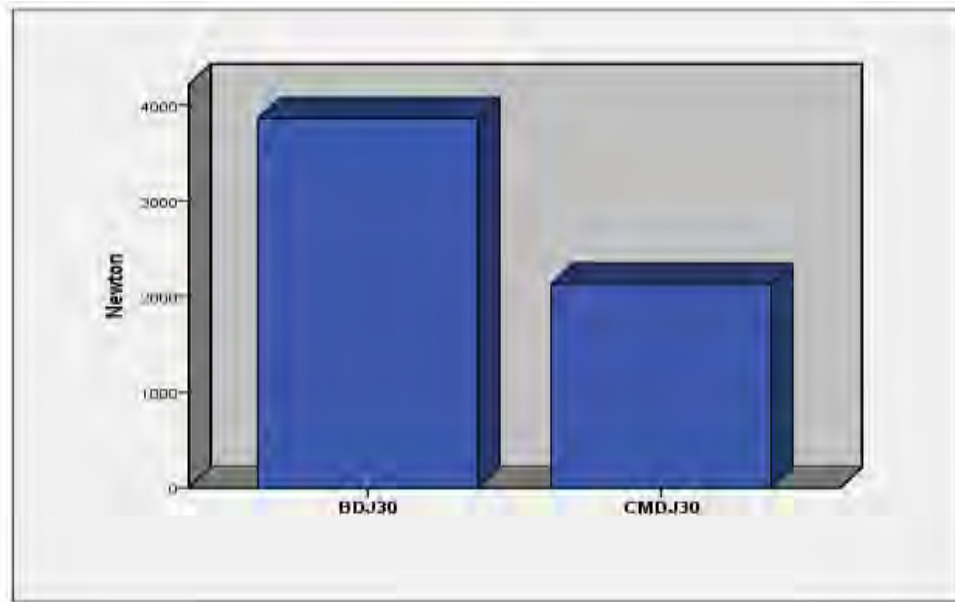
M = μέση τιμή, SD = τυπική απόκλιση

**Γράφημα 2.** Μέγιστη κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης εδάφους στα άλματα BDJ.



Επίσης, στατιστικά σημαντικές διαφορές υπήρξαν μεταξύ των αλμάτων BDJ30 και CDJ30 ως προς την κορύφωση της δύναμης αυτής ( $t_{(9)} = 2.888, p < 0.05$ ), με τις τιμές του BDJ να είναι μεγαλύτερες από αυτές του CDJ (γράφημα 3). Όπως γίνεται διακριτό και στον πίνακα 4, οι τιμές της Fmax για το BDJ30 είναι  $3859 \pm 1004$  N, ενώ αυτές για το CDJ30 είναι  $2128 \pm 510$  N.

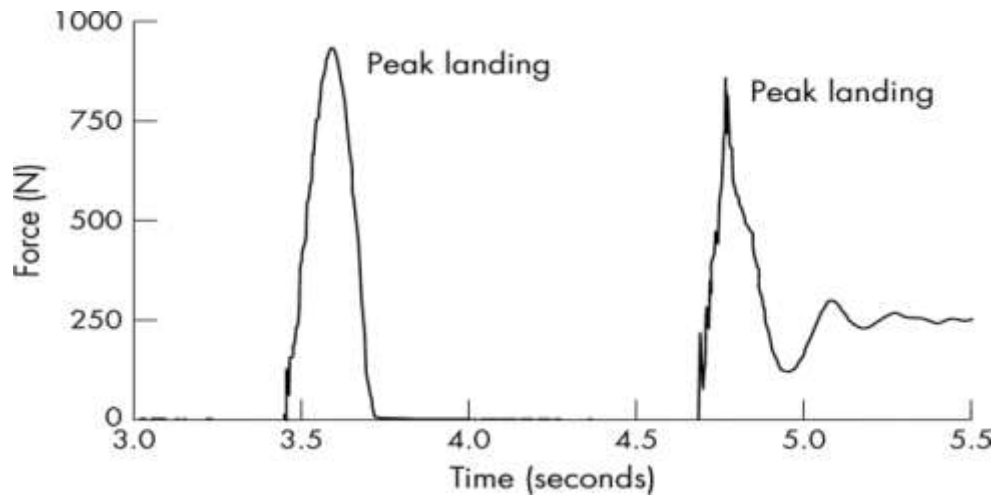
**Γράφημα 3.** Μέγιστη κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης εδάφους μεταξύ BDJ30-CDJ30



### Ρυθμός ανόδου της GRF

Το γράφημα 4 απεικονίζει μία ενδεικτική πορεία της κατακόρυφης συνιστώσας της δύναμης αντίδρασης του εδάφους κατά την εκτέλεση ενός άλματος βάθους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των αλμάτων BDJ30 και CDJ30 ως προς το ρυθμό ανόδου αυτής της δύναμης ( $t_{(9)} = 1.674$ ,  $p = 0.128$ ).

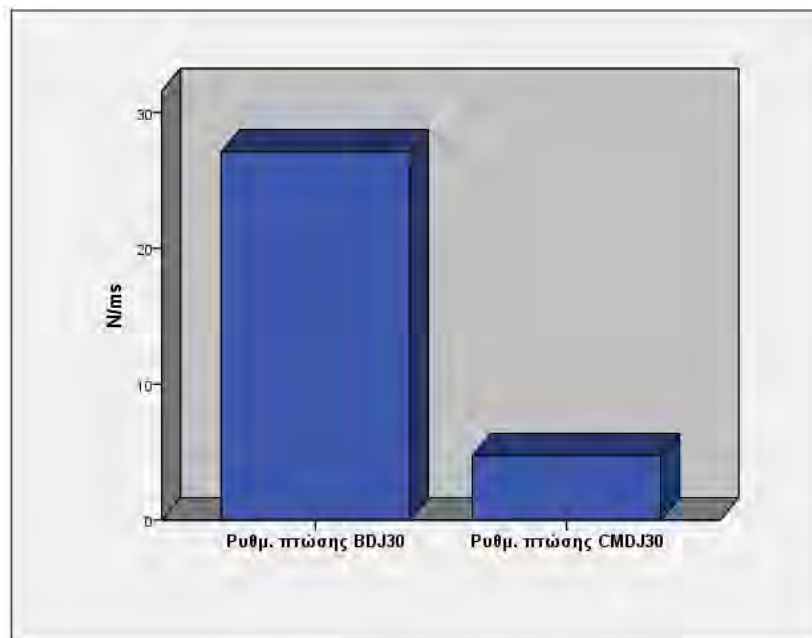
**Γράφημα 4.** Χαρακτηριστική μορφή της κατακόρυφης συνιστώσας της δύναμης αντίδρασης του εδάφους κατά το άλμα βάθους



## Ρυθμός πτώσης της GRF

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των αλμάτων BDJ30 και CDJ30 (γράφημα 5) ως προς το ρυθμό πτώσης της κατακόρυφης δύναμης αντίδρασης του εδάφους ( $t_{(9)} = 4.803$ ,  $p < 0.005$ ). Η πτώση της καμπύλης στο CDJ γίνεται πιο αργά, λόγω της υποχωρητικής κίνησης.

**Γράφημα 5.** Σύγκριση του ρυθμού πτώσης της κατακόρυφης δύναμης αντίδρασης του εδάφους μεταξύ BDJ30-CDJ30







### Ρυθμός ανάπτυξης-πτώσης της GRF

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, (πίνακας 5) υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του ρυθμού ανόδου και πτώσης της κατακόρυφης δύναμης αντίδρασης του εδάφους και στις δύο διαφορετικές τεχνικές εκτέλεσης.

- BDJ30:  $t_{(9)} = 2.494$ ,  $p < 0.05$  (γράφημα 6)
- CDJ30:  $t_{(9)} = 4.003$ ,  $p < 0.005$  (γράφημα 7)

**Πίνακας 5.** Ρυθμός ανάπτυξης-πτώσης της δύναμης (N/ms)

	<b>Fexp1BDJ30</b>	<b>Fexp2BDJ30</b>	<b>Fexp1CDJ30</b>	<b>Fexp2DJ30</b>
<b>M</b>	<b>58.5</b>	<b>27.1</b>	<b>35.7</b>	<b>4.7</b>
<b>SD</b>	<b>39.7</b>	<b>14.5</b>	<b>24.0</b>	<b>1.4</b>

M = μέση τιμή, SD = τυπική απόκλιση

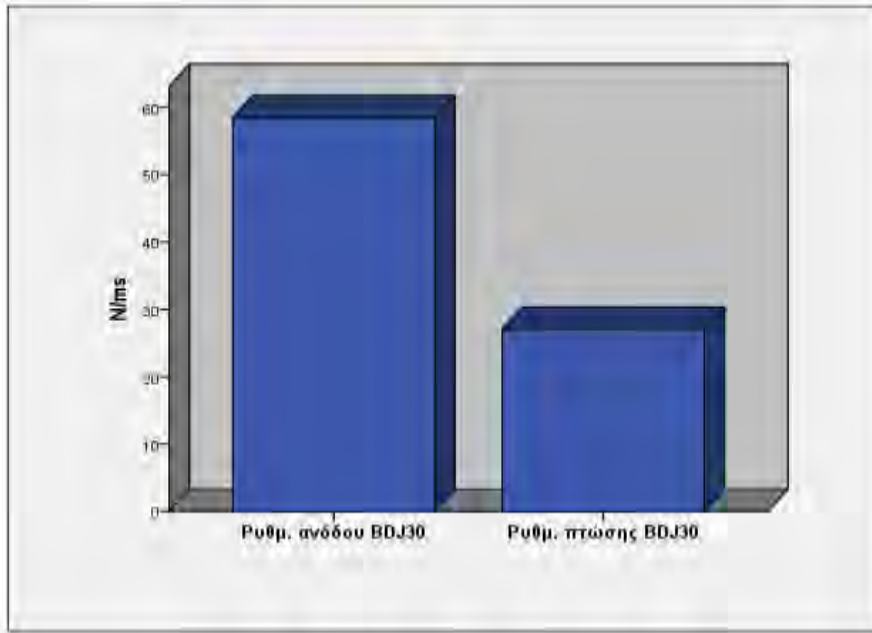
Στον πίνακα 6 παρουσιάζονται οι τιμές της διάρκειας ανάπτυξης και πτώσης της δύναμης. Όπως φαίνεται, ο ρυθμός πτώσης της καμπύλης είναι πάντοτε πολύ πιο αργός από το ρυθμό ανόδου και στις δύο περιπτώσεις (BDJ30-CDJ30).

**Πίνακας 6.** Διάρκεια ανάπτυξης-πτώσης της δύναμης (ms)

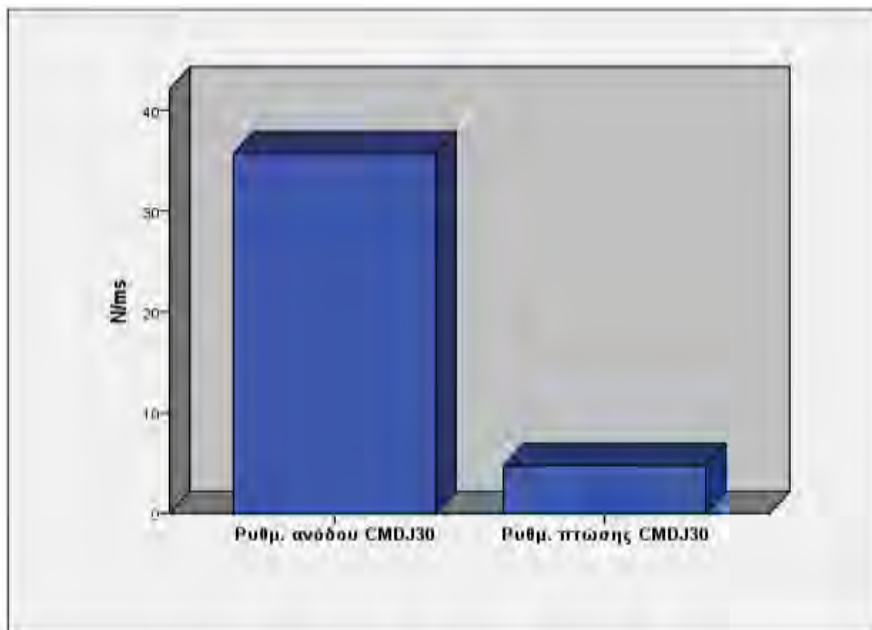
	<b>t1BDJ30</b>	<b>t2BDJ30</b>	<b>t1CDJ30</b>	<b>t2CDJ30</b>
<b>M</b>	<b>85</b>	<b>167</b>	<b>122</b>	<b>476</b>
<b>SD</b>	<b>37</b>	<b>67</b>	<b>132</b>	<b>129</b>

M = μέση τιμή, SD = τυπική απόκλιση

**Γράφημα 6.** Ρυθμός ανέγδοου και πτώσης της δύναμης αντίδρασης του εδάφους στο BDJ30



**Γράφημα 7.** Ρυθμός ανέγδοου και πτώσης της δύναμης αντίδρασης του εδάφους στο CDJ30



## V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα μελέτη μετρήθηκαν 10 υγιείς φοιτητές- αθλητές της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κατά την εκτέλεση αλμάτων βάθους. Επιχειρήθηκε η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας δύο διαφορετικών τεχνικών εκτέλεσης αλμάτων βάθους (Bounce Drop Jump-Counter movement Drop Jump), όσον αφορά την επίδοση στο μέγιστο ύψος άλματος, αλλά και τυχόν διαφοροποιήσεις στην οργάνωση των εφαρμοζόμενων δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους (GRF) μέσω της εμβιομηχανικής ανάλυσής τους. Επίσης, επιχειρήθηκε η αναζήτηση του βέλτιστου ύψους πτώσης αναφορικά με την επίδοση.

Ως προς της επίδοση, δηλαδή το μέγιστο ύψος άλματος, δεν υπήρξαν διαφορές μεταξύ των αλμάτων με γρήγορη αναπήδηση στα διάφορα ύψη πτώσης (BDJ30, BDJ40, BDJ50, BDJ60).

Η μη ύπαρξη διαφορών στα άλματα αυτά πιθανόν να οφείλεται στη γρήγορη αντίδραση, που δεν επιστρέφει την επίτευξη ενός ικανοποιητικού διαστήματος κατακόρυφης επιτάχυνσης του κέντρου μάζας του σώματος, καθώς και την επαρκή χρησιμοποίηση του μυοτενόντιου συστήματος για αποθήκευση ελαστικής ενέργειας στον κύκλο διάτασης-βράχυνσης, και όποιες απορρέουσες από αυτά διαφοροποιήσεις στην επίδοση.

Στους δύο παραπάνω λόγους οφείλεται και η επίτευξη υψηλότερης επίδοσης στο CDJ30 σε σύγκριση με το BDJ30.

Στο άλμα βάθους με υποχώρηση (CDJ) έχουμε μεγαλύτερο διάστημα κατακόρυφης επιτάχυνσης του κέντρου μάζας του σώματος και άρα μεγαλύτερη εκμετάλλευση της αποθήκευσης ελαστικής ενέργειας των εκτεινόντων μυών της ποδοκνημικής, του γόνατος και του ισχίου, οι οποίοι προδιατείνονται κατά την αρνητική φάση της κίνησης.

Όσον αφορά στις κορυφώσεις της κατακόρυφης συνιστώσας της δύναμης αντίδρασης του εδάφους, οι δύο διαφορετικές τεχνικές εκτέλεσης του άλματος βάθους διέφεραν σημαντικά, με το άλμα με γρήγορη αναπήδηση (BDJ30) να παράγει μεγαλύτερες τιμές αυτής της δύναμης αναφορικά με το άλμα με υποχωρητική κίνηση (CDJ30).

Τέλος, ως προς τον ρυθμό της GRF, βρέθηκαν σημαντικές διαφορές πεταξύ της ανάπτυξης και πτώσης του. Πιο συγκεκριμένα, και στις δύο τεχνικές εκτέλεσης, ο ρυθμός πτώσης της καμπύλης είναι πάντοτε πολύ πιο αργός από το ρυθμό ανάπτυξης αυτής.

Αφού δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των αλμάτων με γρήγορη αναπήδηση από τα διάφορα ύψη, οδηγούμαστε στην πρόταση για διεξαγωγή αντίστοιχων δοκιμασιών με άλματα υποχωρητικής κίνησης από διάφορα ύψη εκτέλεσης, σε μία προσπάθεια αναζήτησης τυχόν διαφοροποιήσεων ως προς την επίδοση σε αυτά, και προσδιορισμού του βέλτιστου ύψους πτώσης, σε σχέση πάντα με παραμέτρους όπως το φύλο, την ηλικία, την προπονητική ηλικία και την αθλητική ειδίκευση των δοκιμαζομένων.

## VI. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alkjaer, T., Meyland, J., Raffalt, P. C., Lundbye-Jensen, J., & Simonsen, E. B. (2013). Neuromuscular adaptations to 4 weeks of intensive drop jump training in well-trained athletes. *Physiological Reports*, *1*(5). doi: 10.1002/phy2.99
- Asadi, A. (2012). Effects of six weeks depth jump and countermovement jump training on agility performance. *Sport Science*, *5*(1), 67-70.
- Blattner, S. E., & Noble, L. (1979). Relative effects of isokinetic and plyometric training on vertical jumping performance. *Research Quarterly of the American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance*, *50*(4), 583-588. doi: 10.1080/00345377.1979.10615653
- Bobbert, M. F. (1990). Drop Jumping as a Training Method for Jumping Ability. *Sports Medicine*, *9*(1), 7-22. doi: 10.2165/00007256-199009010-00002
- Bobbert, M. F., Huijing, P. A., & Schenau, G. J. V. I. (1987a). Drop jumping. I. The influence of jumping technique on the biomechanics of jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *19*(4), 332-338.
- Bobbert, M. F., Huijing, P. A., & Schenau, G. J. V. I. (1987b). Drop jumping. II. The influence of dropping height on the biomechanics of drop jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *19*(4), 339-346.
- Booth, M. A., & Orr, R. (2016). Effects of plyometric training on sports performance. *Strength and Conditioning Journal*, *38*(1), 30-37. doi: 10.1519/SSC.00000000000000183
- Clutch, D., Wilton, M., McGown, C., & Rex Bryce, G. (1983). The effect of depth jumps and weight training on leg strength and vertical jump. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *54*(1), 5-10. doi: 10.1080/02701367.1983.10605265

- Jidovtseff, B., Quievre, J., Harris, N. K., & Cronin, J. B. (2014). Influence of jumping strategy on kinetic and kinematic variables. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 54(2), 129-138.
- Markovic, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *Br J Sports Med*, 41(6), 349-355; discussion 355. doi: 10.1136/bjism.2007.035113
- Markovic, G., & Mikulic, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Medicine*, 40(10), 859-895. doi: 10.2165/11318370-000000000-00000
- McClenton, L. S., Brown, L. E., Coburn, J. W., & Kersey, R. D. (2008). The effect of short-term VertiMax vs. depth jump training on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 321-325.
- Slimani, M., Chamari, K., Miarka, B., Del Vecchio, F. B., & Chéour, F. (2016). Effects of Plyometric Training on Physical Fitness in Team Sport Athletes: A Systematic Review. *Journal of Human Kinetics*, 53(1), 231-247. doi: 10.1515/hukin-2016-0026
- Walsh, M., Arampatzis, A., Schade, F., & Brüggemann, G. P. (2004). The effect of drop jump starting height and contact time on power, work performed, and moment of force. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 561-566. doi: 10.1519/1533-4287(2004)18<561:TEODJS>2.0.CO;2