



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΤΟΜΕΑΣ ΚΛΑΣΣΙΚΟΥ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΟΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΠΡΟΦΙΛ ΤΩΝ ΚΑΤΩ  
ΑΚΡΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ  
ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΣΕ ΑΘΛΗΤΕΣ ΑΛΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΡΟΜΕΙΣ  
ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ»**

**Συρόπουλος Αθανάσιος**

**Επιβλέπων Καθηγητής: Γρηγόρης Μπογδάνης, Καθηγητής**

**ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2020**

© Copyright  
Συρόπουλος Αθανάσιος  
Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού  
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών  
Εθνικής Αντιστάσεως 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα

# ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΟΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΠΡΟΦΙΛ ΤΩΝ ΚΑΤΩ ΑΚΡΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΣΕ ΑΘΛΗΤΕΣ ΑΛΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΡΟΜΕΙΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να γίνει σύγκριση του ταχυτητοδυναμικού προφίλ των κάτω άκρων μεταξύ κατακόρυφης και οριζόντιας επιτάχυνσης σε αθλητές αλμάτων και δρομείς διαφόρων επιπέδων. Συμμετείχαν 16 άνδρες αθλητές αλμάτων και sprint οι οποίοι κατηγοριοποιήθηκαν σύμφωνα με το επίπεδό τους (υψηλού-μεσαίου-χαμηλού επιπέδου). Οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν πολλαπλά κατακόρυφα άλματα χωρίς ταλάντωση (Squat Jumps-SJ) με ένα εύρος αντιστάσεων, καθώς και sprint 30 m. Από τις παραπάνω αξιολογήσεις προέκυψε το ταχυτητοδυναμικό προφίλ τους. Η τιμή της μέγιστης θεωρητικής δύναμης  $F_0$  για το σύνολο των συμμετεχόντων ήταν  $36,68 \pm 11,11$  N/kg και  $8,88 \pm 1,6$  N/kg για την κατακόρυφη και οριζόντια συνθήκη αντίστοιχα. Η τιμή της μέγιστης θεωρητικής ταχύτητας  $V_0$  για το σύνολο των συμμετεχόντων ήταν  $3,63 \pm 1,64$  m/s και  $8,58 \pm 0,61$  m/s για την κατακόρυφη και οριζόντια συνθήκη αντίστοιχα. Η τιμή της μέγιστης θεωρητικής ισχύος  $P_0$  για το σύνολο των συμμετεχόντων ήταν  $30,49 \pm 7,49$  W/kg και  $18,97 \pm 3,14$  W/kg για την κατακόρυφη και οριζόντια συνθήκη αντίστοιχα. Η κλίση της καμπύλης F-v για το σύνολο των συμμετεχόντων αντιστοιχούσε σε γωνία με εφαπτομένη  $12,68 \pm 8,11$  και  $1,04 \pm 0,23$  για την κατακόρυφη και οριζόντια συνθήκη αντίστοιχα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις δύο συνθήκες για καμία από τις μεταβλητές ταχυτητοδυναμικού προφίλ τόσο στο σύνολο των συμμετεχόντων όσο και στις επιμέρους υποκατηγορίες με βάση το επίπεδό τους. Η χαμηλή συσχέτιση που παρατηρήθηκε οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι δύο αξιολογήσεις δίνουν διαφορετικές πληροφορίες για την ταχυτητοδυναμική ικανότητα των κάτω άκρων. Επομένως προτείνεται η χρήση και των δύο τρόπων αξιολόγησης προκειμένου να επιτυγχάνεται ολοκληρωμένη εκτίμηση των φυσικών ικανοτήτων ενός αθλητή

**Λέξεις κλειδιά:** Ταχοδυναμικό προφίλ, Μυϊκή ισχύς, Αξιολόγηση μυϊκής ισχύος

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	ii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	iii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	v
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	vi
<b>I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>1</b>
Σκοπός της Έρευνας.....	4
Σημασία της Έρευνας.....	4
Ερευνητική υπόθεση .....	4
Μηδενικές υποθέσεις .....	4
Οριοθετήσεις της Έρευνας.....	4
Περιορισμοί της Έρευνας.....	5
Λειτουργικοί ορισμοί .....	4
<b>II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ .....</b>	<b>6</b>
Έυρεση ταχτητοδυναμικού προφίλ στο κατακόρυφο επίπεδο .....	7
Εύρεση του ταχτητοδυναμικού προφίλ σε οριζόντιο επίπεδο .....	11
<b>III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....</b>	<b>15</b>
Δείγμα.....	15
Όργανα μέτρησης.....	15
Διαδικασίες.....	15
Στατιστική Ανάλυση .....	18
<b>IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>19</b>
<b>V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>	<b>21</b>
<b>VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ .....</b>	<b>25</b>
<b>VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>26</b>

<b>VIII. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ .....</b>	<b>32</b>
Έντυπο συγκατάθεσης.....	32

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ**

<b>Σχημα 4.1.</b> Μέγιστη θεωρητική ισχύς για το σύνολο των συμμετεχόντων στην κατακόρυφη και οριζόντια συνθήκη.....	19
<b>Σχημα 4.2.</b> Κλίση καμπύλης F-v για το σύνολο των συμμετεχόντων (n=16) στην κατακόρυφη και οριζόντια συνθήκη.....	20

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ**

- Πίνακας 4.1.** Συντελεστής Pearson ανά φύλο και επίπεδο για όλες τις μεταβλητές ταχυτητοδυναμικού προφίλ και την απόδοση μεταξύ κατακόρυφης και οριζόντιας συνθήκης.....20
- Πίνακας 4.2.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις, ανά επίπεδο και φύλο, των μεταβλητών που περιγράφουν το ταχυτητοδυναμικό προφίλ στην κατακόρυφη και οριζόντια αξιολόγηση.....20
- Πίνακας 4.3.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις, ανά επίπεδο και φύλο, της απόδοσης στην κατακόρυφη και οριζόντια αξιολόγηση.....21

## I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με τη μηχανική, η παραγόμενη ισχύς ενός συστήματος ισούται με το γινόμενο της παραγόμενης δύναμης επί την ταχύτητα κίνησής του. Για τον αθλητισμό η ισχύς που παράγεται από τους μύες αποτελεί σημαντικότερη φυσική ικανότητα, καθοριστική για την απόδοση σε πληθώρα αγωνισμάτων όπου ο αθλητής καλείται να υπερνικήσει μία συγκεκριμένη αντίσταση (βάρος του σώματος, ριπτικό όργανο, κ.α.) το γρηγορότερο δυνατό.

Σε ότι αφορά τα άλματα, το τρέξιμο μικρών αποστάσεων (sprint) και όλες τις βαλλιστικές κινήσεις η μέγιστη ισχύς ( $P_{max}$ ) που είναι δυνατόν να παραχθεί από το σύστημα μυών των κάτω άκρων αποτελεί κύρια συνιστώσα της απόδοσης. Υπολογίζεται δε από τον τύπο:  $P_{max} = 1/4 * F_0 * v_0$ , ήτοι εξαρτάται τόσο από τη θεωρητική μέγιστη δύναμη ( $F_0$ ) όσο και από τη θεωρητική μέγιστη ταχύτητα συστολής ( $v_0$ ) των μυών των κάτω άκρων (Samozino P, Rejc E, Di Prampero PE, Belli A, Morin JB., 2012; Samozino P, Rabita G, Dorel S, Slawinski J, Peyrot N, Saez de Villarreal E, Morin J-B, 2016). Έτσι γίνεται σαφές ότι η απόδοση στα αθλητικά άλματα και sprint εξαρτάται από την ικανότητα του νευρομυϊκού συστήματος να παράγει υψηλές τιμές δύναμης, σε όσο το δυνατόν πιο σύντομο χρονικό διάστημα και με όσο το δυνατόν λιγότερες απώλειες, ήτοι με αποτελεσματική μεταφορά αυτής της δύναμης στο έδαφος (Morin JB, Samozino P. 2016).

Παρ' όλα αυτά, όπως συμβαίνει με όλα τα συστήματα, έτσι και για τους μύες των κάτω άκρων, η δύναμη που μπορεί να παραχθεί είναι αντιστρόφως ανάλογη της ταχύτητας κίνησης. Συγκεκριμένα οι έρευνες που ασχολήθηκαν με το ταχυτητοδυναμικό προφίλ κατά την κατακόρυφη μετατόπιση του βάρους του σώματος περιέγραψαν τη σχέση δύναμης ταχύτητας ( $F-v$ ) ως γραμμική με αρνητική κλίση και τη σχέση ισχύος ταχύτητας ( $P-v$ ) ως παραβολική (Bosco et al. 1995; Bosco & Komi, 1979; Rahmani, Viale, Dalleau, Lacour, 2001; Samozino, et al. 2016). Κατά συνέπεια η μεγιστοποίηση της  $P_{max}$  μπορεί να επιτευχθεί μέσω μίας χρυσής ισορροπίας ανάμεσα στην δύναμη και την ταχύτητα. Όμως από τον ανωτέρω τύπο της  $P_{max}$  ( $P_{max} = 1/4 * F_0 * v_0$ ) γίνεται επίσης προφανές ότι δεν υπάρχει μόνο ένας μαθηματικός τρόπος για να επιτευχθεί αυτή η ισορροπία. Για παράδειγμα δύο αθλητές θα μπορούσαν να έχουν την ίδια  $P_{max}$  αλλά με διαφορετικό συνδυασμό  $F_0$  και  $v_0$ . Σε αυτήν την περίπτωση λοιπόν η απόδοση αυτών σε μία βαλλιστική κίνηση όπως το κατακόρυφο άλμα θα είναι η ίδια; Προκειμένου να απαντηθεί αυτό το



ερώτημα χρειάζεται να ληφθούν υπόψιν τα ατομικά μηχανικά και δυναμικά προσόντα που χαρακτηρίζουν τους δύο αθλητές ή αλλιώς το ταχυτητοδυναμικό προφίλ τους (F-v, P-v profile).

Πιο συγκεκριμένα κάθε αθλητής διακρίνεται από ένα ατομικό ταχυτητοδυναμικό προφίλ που μπορεί να εκφραστεί από την κλίση ( $S_{F-v}$ ) της ευθείας της γραφικής παράστασης της σχέσης δύναμης-ταχύτητας (F-v). Το ταχυτητοδυναμικό προφίλ έχει βρεθεί πως επηρεάζει την απόδοση σε μία βαλλιστική κίνηση ανεξαρτήτως της Pmax (Samozino, Edouard, Sangnier, Brughelli, Gimenez, Morin., 2014). Τουτέστιν δεν αρκεί μόνο να είναι ένας αθλητής σε θέση να αναπτύξει υψηλές τιμές ισχύος, καθώς η ισορροπία δύναμης-ταχύτητας με την οποία αναπτύσσεται αυτήν η ισχύς επηρεάζει την απόδοση. Συνεχίζοντας στον ίδιο συλλογισμό γίνεται σαφές ότι θα πρέπει να υπάρχει ένα ιδανικό ταχυτητοδυναμικό προφίλ το οποίο για συγκεκριμένη Pmax να μεγιστοποιεί την απόδοση. Πράγματι στη βιβλιογραφία προτείνεται συγκεκριμένη μεθοδολογία με την οποία μπορεί να υπολογιστεί η ιδανική κλίση ( $S_{F-v \text{ opt}}$ ) της ευθείας της γραφικής παράστασης της σχέσης F-v. Αν η μετρούμενη  $S_{F-v}$  διαφέρει σημαντικά από την εκτιμώμενη  $S_{F-v \text{ opt}}$  τότε η απόδοση μπορεί να εμφανίζεται μειωμένη έως και 30% ακόμα και αν η Pmax είναι ίδια (Samozino et al. 2014).

Κατόπιν των ανωτέρω γίνεται εμφανές ότι είναι δυνατόν να δοθεί απάντηση σε μία διαμάχη που απασχολεί καιρό την επιστημονική κοινότητα και εκφράζεται από το ερώτημα: Τι είναι προτιμότερο για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης των βαλλιστικών κινήσεων, η αύξηση της δύναμης ή η ανάπτυξη της ταχύτητας; Η απάντηση είναι πως ανάλογα με την ποιοτική και ποσοτική διαφορά της  $S_{F-v}$  από την  $S_{F-v \text{ opt}}$  μπορεί να εκτιμηθεί σε τι υπολείπεται ένας αθλητής (σε δύναμη ή ταχύτητα), ώστε να λάβει τα κατάλληλα προπονητικά ερεθίσματα προς μεγιστοποίηση της απόδοσής του (Samozino, Rejc, Di Prampero, Belli, Morin, 2012; Morin, Samozino. 2016; Jiménez-Reyes, Samozino, Brughelli, Morin, 2017a). Συγκεκριμένα προτείνεται αρχικά η βελτιστοποίηση της  $S_{F-v}$  και στη συνέχεια ή παράλληλα η ανάπτυξη της Pmax (Samozino et al. 2012; Morin et al. 2016; Samozino et al 2017a).

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία είναι εφικτό να βρεθεί το ταχυτητοδυναμικό προφίλ ενός αθλητή τόσο στις κατακόρυφες βαλλιστικές κινήσεις (κατακόρυφα άλματα) όσο και στις οριζόντιες (sprint). Σε ότι αφορά τα κατακόρυφα άλματα η μεθοδολογία περιλαμβάνει

την εκτέλεση μιας σειράς κατακόρυφων αλμάτων χωρίς ταλάντωση (squat jump-SJ) με σταδιακά αυξανόμενα φορτία και την παράλληλη καταγραφή της δύναμης και της ταχύτητας που παράχθηκε σε κάθε SJ. Το φορτίο με το οποίο εκτελούνται τα SJ αυξάνεται σταδιακά κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης. Στη συνέχεια εφαρμόζοντας συγκεκριμένους μαθηματικούς τύπους (περιγράφονται στην ανασκόπηση βιβλιογραφίας) μπορούν να υπολογιστούν οι ταχυτητοδυναμικές παράμετροι  $F_0, V_0, P_{max}, S_{f-v}, S_{f-vopt}$  που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

Σε ότι αφορά την εύρεση του ταχυτητοδυναμικού προφίλ σε οριζόντιο επίπεδο η μεθοδολογία περιλαμβάνει την εκτέλεση ενός sprint 30-40 μέτρων κατά τη διάρκεια του οποίου μετράται ανά 5 μέτρα ο χρόνος διαπέρασης του κέντρου βάρους του συμμετέχοντα. Από την ανάλυση των ληφθέντων δεδομένων και πάλι εφαρμόζοντας υπάρχουσες μαθηματικές συναρτήσεις υπολογίζονται οι ταχυτητοδυναμικές παράμετροι  $F_0, V_0, P_{max}, S_{F-v}$  και  $R_{F}, D_{RF}$ , όπου  $R_{F}$  (Ratio of Force) είναι ο συντελεστής απόδοσης των κάτω άκρων, ήτοι ο βαθμός στον οποίο μεταφέρεται σε οριζόντια διεύθυνση στο έδαφος η δύναμη που παράγουν τα κάτω άκρα, και  $D_{RF}$  (Decrease of  $R_{F}$ ) ο ρυθμός με τον οποίο ο  $R_{F}$  μειώνεται όσο αυξάνεται η ταχύτητα (κλίση της ευθείας της γραμμικής σχέσης  $R_{F-v}$ ).

Σε αρκετές έρευνες έχει βρεθεί σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στην απόδοση στο κατακόρυφο άλμα (SJ, counter movement jump-CMJ) και την απόδοση στο sprint (Cronin, Ogden, Lawton, 2007; Randell, Cronin, Keogh, Gill, 2010; Comfort, Stewart, Bloom, Clarkson, 2013). Εξετάζοντας όμως τη διεθνή βιβλιογραφία διαπιστώθηκε πως μέχρι στιγμής μόνο μία έρευνα έχει ασχοληθεί με το αν συσχετίζεται το ταχυτητοδυναμικό προφίλ ενός αθλητή σε κατακόρυφο επίπεδο με το ταχυτητοδυναμικό προφίλ σε οριζόντιο επίπεδο (Jiménez-Reyes, Samozino, García-Ramos, Cuadrado-Peñafiel, Brughelli, Morin, 2018). Σύμφωνα με αυτήν υπάρχει θετική συσχέτιση ενώ η σημαντικότητα της συσχέτισης φαίνεται να μεταβάλλεται ανάλογα με το επίπεδο των αθλητών που εξετάζονται.

Κρίνεται λοιπόν πως η πραγματοποίηση μίας έρευνας που θα εξετάζει το παραπάνω ερώτημα θα προσφέρει επιπλέον και πολύτιμα επιστημονικά δεδομένα προς την κατανόηση αυτού του πρόσφατου ερωτήματος ενώ ταυτόχρονα θα παρέχει δεδομένα σχετικά με τον ελληνικό πληθυσμό.

### **1.1. Σκοπός της Έρευνας**

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να εξετάσει τη συσχέτιση ανάμεσα στο ταχυτητοδυναμικό προφίλ κατακόρυφου επιπέδου και το ταχυτητοδυναμικό προφίλ οριζόντιου επιπέδου σε αθλητές αλμάτων και sprint ερασιτεχνικού μεσαίου και υψηλού επιπέδου.

### **1.2. Σημασία της Έρευνας**

Η έρευνα θα προσφέρει επιπλέον και πολύτιμα δεδομένα προς την διερεύνηση ενός πρόσφατου επιστημονικού προβλήματος ενώ ταυτόχρονα θα παρέχει δεδομένα για το ταχυτητοδυναμικό προφίλ Ελλήνων αθλητών.

### **1.3. Ερευνητική υπόθεση**

Θα υπάρχει σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στο κατακόρυφο και οριζόντιο ταχυτητοδυναμικό προφίλ.

### **1.4. Μηδενικές υποθέσεις**

Η μηδενική υπόθεση που εξετάστηκε στην παρούσα μελέτη είναι:  
H0#1. Δε θα υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση των μεταβλητών ταχυτητοδυναμικού προφίλ των κάτω άκρων ανάμεσα στην κατακόρυφη και οριζόντια επιτάχυνση

### **1.5. Οριοθετήσεις της Έρευνας**

- Το δείγμα αποτελούνταν από 21 Έλληνες αθλητές αλμάτων και δρομείς διαφόρων επιπέδων ηλικίας 15 έως 35 ετών στον Νομό της Αττικής.
- Τα αποτελέσματα της έρευνας δε μπορούν να γενικευτούν για όλο τον Ελλαδικό χώρο.

### **1.6. Λειτουργικοί ορισμοί**

*Μήκος σκελών:* Με τον δοκιμαζόμενο σε ύπτια θέση και με πλήρη πελματιαία κάμψη μετρήθηκε η απόσταση από τον μείζονα τροχαντήρα έως τα ακροδάχτυλα του πέλματος.

*Υψος κέντρου βάρους σώματος από το έδαφος:* Κατακόρυφη απόσταση του μείζονα

τροχαντήρα από το έδαφος όταν ο δοκιμαζόμενος βρισκόταν με γωνία κάμψης γόνατος 90 μοίρες.

*Απόσταση ώθησης- hr:* Αντιστοιχεί στην απόσταση που διανύει το κέντρο μάζας κατά την ώθηση, ήτοι την το εύρος έκτασης των κάτω άκρων από την θέση εκκίνησης του άλματος έως την απογείωση του πέλματος από το έδαφος. Υπολογίστηκε εκ των προτέρων για τον κάθε δοκιμαζόμενο ως η διαφορά του μήκους σκελών από το ύψος του κέντρου βάρους από το έδαφος.

## II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Όπως αναφέρθηκε ήδη έχει παρατηρηθεί σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στην απόδοση στο κατακόρυφο άλμα (SJ, counter movement jump-CMJ) και την απόδοση στο sprint (Cronin, Ogden, Lawton, 2007; Randell, Cronin, Keogh, Gill, 2010; Comfort, Stewart Bloom, Clarkson, 2013). Ακόμα έχει βρεθεί πως η απόδοση στο sprint βελτιώνεται μετά από αύξηση της γενικής δύναμης των κάτω άκρων που προκύπτει από προπόνηση με αντιστάσεις (Blazevich, Jenkins, 2002; Loturco et al. 2015; Ramírez-Campillo et al. 2015). Επίσης σύμφωνα με την μετά-ανάλυση των Seitz και συνεργατών (2014) υπάρχει υψηλή συσχέτιση μεταξύ της ικανότητας για μία μέγιστη επανάληψη στην άσκηση του καθίσματος (squat) και τον χρόνο πραγματοποίησης sprint. Κατόπιν των ανωτέρω φαίνεται ότι η απόδοση στο sprint συσχετίζεται με την ικανότητα των κάτω άκρων να παράγουν υψηλά επίπεδα δύναμης και ισχύος στο κατακόρυφο επίπεδο

Όμως, η απόδοση στις βαλλιστικές κινήσεις εκτός από την  $P_{max}$  εξαρτάται και από το ταχυτητοδυναμικό προφίλ του εκάστοτε αθλητή, δηλαδή από τη σχέση δύναμης και ταχύτητας που οδηγεί στην παραγωγή της  $P_{max}$ . Πως συσχετίζεται λοιπόν το ταχυτητοδυναμικό προφίλ ενός αθλητή στον κατακόρυφο άξονα με το ταχυτητοδυναμικό προφίλ στον οριζόντιο άξονα; Στη μοναδική έρευνα έως σήμερα που εξετάζεται το ανωτέρω ερώτημα βρέθηκε πως η συσχέτιση ανάμεσα στα δύο ταχυτητοδυναμικά προφίλ εξαρτάται από το επίπεδο των αθλητών (Jiménez-Reyes, Samozino, García-Ramos, Cuadrado-Reñafiel, Brughelli, Morin, 2018). Συγκεκριμένα οι ερευνητές συνέκριναν το κατακόρυφο με το οριζόντιο ταχυτητοδυναμικό προφίλ σε 533 αθλητές διαφορετικού φύλλου, προπονητικού επιπέδου και αθλήματος (καλαθοσφαίριση, ποδόσφαιρο, χειροσφαίριση κ.α.). Σε ότι αφορά τους χαμηλού επιπέδου αθλητές βρέθηκε υψηλή συσχέτιση ανάμεσα στα δύο προφίλ που σημαίνει ότι η ικανότητα να παράγεται οριζόντια προωθητική δύναμη κατά το sprint συσχετίζεται με την ικανότητα των κάτω άκρων να παράγουν δύναμη στο κατακόρυφο επίπεδο. Από την άλλη πλευρά σε ότι αφορά τους αθλητές υψηλού επιπέδου η παραγωγή οριζόντιας δύναμης κατά το sprint συσχετίζεται λιγότερο με την ικανότητα του νευρομυϊκού συστήματος να παράγει κατακόρυφη δύναμη. Σε υψηλό επίπεδο η απόδοση στο sprint φάνηκε να επηρεάζεται περισσότερο από τη μηχανική απόδοση των κάτω άκρων, δηλαδή την εφαρμογή δύναμης στο έδαφος χωρίς απώλειες (Morin, Edouard, Samozino, 2011; Morin, Bourdin, Edouard, Peyrot, Samozino, Lacour, 2012). Από τα παραπάνω μπορεί

να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η χρήση των δύο ταχυτητοδυναμικών προφίλ ως ισοδύναμα μέσα πληροφόρησης είναι κατάλληλη σε χαμηλού αλλά όχι σε υψηλού επιπέδου αθλητές. Γενικά φαίνεται πως η αξιολόγηση ενός αθλητή (ειδικά υψηλού επιπέδου) τόσο στο κατακόρυφο όσο και στο οριζόντιο ταχυτητοδυναμικό προφίλ διασφαλίζει μία πιο ολοκληρωμένη κατανόηση των ταχυτητοδυναμικών χαρακτηριστικών του προκειμένου να σχεδιαστεί ορθότερα ένα εξατομικευμένο πρόγραμμα προπόνησης.

## **2.1. Εύρεση ταχυτητοδυναμικού προφίλ στο κατακόρυφο επίπεδο**

Το ταχυτητοδυναμικό προφίλ των κάτω άκρων περιγράφηκε για πρώτη φορά μέσω των σχέσεων δύναμης-ταχύτητας (F-v) και ισχύος-ταχύτητας (P-v) με την χρήση κυκλοεργόμετρου (Arsac, Belli, Lacour, 1996; Hintzy, Belli, Grappe, Rouillon, 1999; Sargeant, Hoinville, Young, 1981). Αν και το κυκλοεργόμετρο είναι κατάλληλο για την αξιολόγηση της μηχανικής απόδοσης των κάτω άκρων το ταχυτητοδυναμικό προφίλ που προκύπτει με αυτόν τον τρόπο σχετίζεται με την ενεργοποίηση πολύ συγκεκριμένων μυϊκών ομάδων (Samozino, Horvais, Hintzy, 2007; van Soest, Casius, 2000) και είναι αρκετά διαφορετικό από αυτό που προκύπτει κατά την ενεργοποίηση των κάτω άκρων σε βαλλιστικές κινήσεις όπως το κατακόρυφο άλμα ή το sprint.

Η πιο συχνά λοιπόν χρησιμοποιούμενη βαλλιστική κίνηση που χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της ταχυτητοδυναμικής σχέσης των μυών των κάτω άκρων στο κατακόρυφο επίπεδο είναι το SJ (Jiménez-Reyes, Samozino, Cuadrado-Peñafiel, Conceição, González-Badillo, Morin, 2014; Samozino, Edouard, Sangnier, Brughelli, Gimenez, Morin, 2014; García-Ramos, Feriche, Pérez-Castilla, Padial, Jaric, 2017). Μερικοί λόγοι της τόσο διαδεδομένης χρήσης του SJ είναι η εύκολη εφαρμογή του, η υψηλή αξιοπιστία των αποτελεσμάτων του και η μεγάλη ομοιότητά του με τα κινητικά μοτίβα που χρησιμοποιούνται σε πληθώρα αθλημάτων (Yamauchi, Ishii, 2007; Nagahara, Naito, Miyashiro, Morin, Zushi, 2014). Επίσης σε αντίθεση με την αξιολόγηση με κυκλοεργόμετρο, με το κατακόρυφο άλμα είναι δυνατόν να αξιολογηθεί το ταχυτητοδυναμικό προφίλ των κάτω άκρων όταν αυτά δρουν ταυτόχρονα και ενάντια σε διαφορετικά εξωτερικά φορτία

Ιστορικά έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορα μέσα για την μέτρηση της δύναμης και της ισχύος που παράγουν τα κάτω άκρα κατά τη διάρκεια ενός κατακόρυφου άλματος. Τα δυναμοδάπεδα (Force plates) είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη εργαστηριακή μέθοδος

για την μέτρηση των δυνάμεων που ασκούνται στο έδαφος, της επιτάχυνσης του κέντρου βάρους του σώματος και της ταχύτητας κίνησης κατά τη φάση ώθησης ενός άλματος (Bosco et al. 1979; Rahmani et al. 2001; Harman, Rosenstein, Frykman, Rosenstein, Kraemer, 1991) ή κατά τη διάρκεια επαφής με το έδαφος στο τρέξιμο και στο περπάτημα (Cavagna GA, 1975). Μία άλλη, πιο οικονομική μέθοδος που προτάθηκε για τη μέτρηση της ταχύτητας, της δύναμης και της ισχύος στο κατακόρυφο άλμα από τους Bosco και συν. (1995) περιλαμβάνει τη μέτρηση της μετατόπισης του βάρους του σώματος μέσω οπτικών αισθητήρων. Η εγκυρότητα και αξιοπιστία αυτής της μεθόδου ελέγχθηκε και βρέθηκε υψηλή συσχέτιση με την μέθοδο του δυναμοδάπεδου (Rahmani, Dalleau, Viale, Belli, Lacour, 1998; Rahmani, Dalleau, Viale, Hautier, Lacour, 2000). Με βάση αυτήν τη μέθοδο χρησιμοποιήθηκαν σε μία πληθώρα ερευνών τόσο επιταχυνσιόμετρα όσο και μορφοτροπείς γραμμικής θέσης για την άμεση μέτρηση της επιτάχυνσης του κέντρου μάζας (Cormie, Deane, McBride, 2007; Comstock et al. 2011; Giroux, Rabita, Chollet, Guilhem, 2015; Cronin, Ogden, Lawton, 2007; Harris, Cronin, Hopkins, 2007). Παρ' όλα αυτά όλοι οι παραπάνω τρόποι αξιολόγησης του ταχυτητοδυναμικού προφίλ στο κατακόρυφο άλμα παραμένουν έως σήμερα ιδιαίτερα δαπανηροί και περίπλοκοι με αποτέλεσμα η χρήση τους να περιορίζεται στον χώρο του εργαστηρίου. Έτσι ενώ έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για την πραγματοποίηση ερευνών δεν μπορούν να αποτελέσουν ένα καθημερινό εργαλείο αξιολόγησης που να χρησιμοποιείται στα πλαίσια της καθημερινής προπόνησης.

Προς επίλυση αυτού του προβλήματος προτάθηκε από τους Samozino και συν. (2008) μία απλή μέθοδος για την ακριβή ταχυτητοδυναμική αξιολόγηση αθλητών που μπορεί να εφαρμοστεί στον χώρο προπόνησής τους. Αυτήν η μέθοδος εφαρμόζει τους θεμελιώδεις νόμους της μηχανικής λαμβάνοντας ως κέντρο μάζας το κέντρο βάρους του σώματος κατά τη διάρκεια ενός SJ. Συγκεκριμένα για τον υπολογισμό της μέσης δύναμης (F), της μέσης ισχύος (P) και της μέσης ταχύτητας έκτασης των κάτω άκρων (v) κατά την πραγματοποίηση ενός SJ χρησιμοποιούνται οι εξής εξισώσεις:

$$F = m * g * \left( \frac{h}{h_{po}} + 1 \right) \quad (1)$$

$$v = \sqrt{\frac{g * h}{2}} \quad (2)$$

$$P = m * g \left( \frac{h}{h_{p0}} + 1 \right) * \sqrt{\frac{g * h}{2}} \quad (3)$$

Όπου  $g$  η επιτάχυνση της βαρύτητας,  $m$  η μάζα που κινείται (βάρος σώματος + βάρος αντίστασης),  $h$  το ύψος του κατακόρυφου άλματος και  $h_{p0}$  η κατακόρυφη απόσταση κατά την οποία ασκείται δύναμη, ήτοι η αλλαγή του μήκους των σκελών από τη θέση έναρξης (κάθισμα) έως τη στιγμή της απογείωσης.

Λύνοντας αυτές τις εξισώσεις για SJ με διαφορετική κάθε φορά αντίσταση μπορούν να βρεθούν διαφορετικά σημεία της γραφικής αναπαράστασης της σχέσης F-v. Από τα ανωτέρω σημεία και γνωρίζοντας ότι η σχέση δύναμης – ταχύτητας είναι γραμμική μπορεί να γίνει μοντελοποίηση της εξίσωσης F-v. Στη συνέχεια από τη συμβολή της ευθείας της σχέσης F-v με τον κατακόρυφο και οριζόντιο άξονα μπορούν να βρεθούν η  $F_0$  (για  $v_0=0$ ) και η  $v_0$  (για  $F_0=0$ ). Η κλίση  $S_{fv}$  της ευθείας F-v που είναι ο κύριος δείκτης του ταχυτητοδυναμικού προφίλ ενός αθλητή μπορεί να υπολογιστεί από τον τύπο:

$$S_{fv} = -\frac{F_0}{v_0} \quad (4)$$

Η μέγιστη παραγόμενη ισχύς μπορεί να υπολογιστεί από τον εξής τύπο (Samozino et al. 2012; Vandewalle, Peres, Heller, Panel, Monod 1987a):

$$P_{max} = \frac{F_0 * v_0}{4} \quad (5)$$

Καθώς όπως αναφέρθηκε η απόδοση στο κατακόρυφο άλμα εξαρτάται τόσο από την  $P_{max}$  όσο και από την  $S_{fv}$  υπάρχει μία ιδανική κλίση ( $S_{F-v \text{ opt}}$ ) της ευθείας της γραφικής παράστασης της σχέσης F-v η οποία, για συγκεκριμένη  $P_{max}$ , μεγιστοποιεί την απόδοση. Ο τύπος με τον οποίο υπολογίζεται η  $S_{F-v \text{ opt}}$  περιγράφεται στην έρευνα των Samozino P και συν. (2012)

Σε όλες τις παραπάνω εξισώσεις οι μεταβλητές  $m$ ,  $h$ ,  $h_{p0}$  είναι οι μόνες άγνωστες Η  $m$  είναι προφανές ότι μπορεί να μετρηθεί με απλό τρόπο. Το  $h$  μπορεί να υπολογιστεί εάν γνωρίζουμε τον χρόνο πτήσης του κατακόρυφου άλματος από την εξίσωση:



$$h = \frac{1}{2} * g * t^2 \quad (6)$$

Το  $h_{po}$  μπορεί να βρεθεί από τη διαφορά ανάμεσα στο ύψος των ισχίων σε ύπτια θέση (απόσταση μεγάλου τροχαντήρα από ακροδάκτυλα με μέγιστη πελματιαία κάμψη) και το ύψος των ισχίων σε σχέση με το έδαφος στην στάση καθίσματος (απόσταση μεγάλου τροχαντήρα από το έδαφος με κάμψη γόνατος 90 μοίρες περίπου).

Με αυτή τη μεθοδολογία λοιπόν μπορεί να γίνει ακριβής ανάλυση του ταχυτητοδυναμικού προφίλ ενός αθλητή καθώς και αξιολόγηση του περιθωρίου βελτίωσης της απόδοσής του μόνο με τη χρήση τριών μεταβλητών εύκολα μετρήσιμων εκτός εργαστηρίου. Αξίζει δε να σημειωθεί ότι η αξιοπιστία της μεθόδου έχει εξεταστεί από πληθώρα ερευνών και έχει βρεθεί υψηλή συσχέτιση σε σχέση με τις εργαστηριακές μεθόδους ταχυτητοδυναμικής ανάλυσης (Samozino et al. 2008; Palmieri, Callegari, Fioretti, 2015; Giroux, Rabita, Chollet, Guilhem, 2015; Jimenez-Reyes, Samozino, Pareja-Blanco, Conceicao, Cuadrado-Penafiel, Gonzalez-Badillo, Morin, 2016)

Προκειμένου να γίνει ακόμα πιο εύκολη η εφαρμογή της ανωτέρω μεθοδολογίας τα επιμέρους βήματα των υπολογισμών αυτοματοποιήθηκαν μέσω μίας ηλεκτρονικής εφαρμογής για κινητά (Myjump) η οποία εκμεταλλεύεται την υψηλής ταχύτητας κάμερα που διαθέτουν τα σύγχρονα κινητά για να υπολογιστεί με ακρίβεια ο χρόνος πτήσης του SJ. Αρχικά ο χρήστης εισάγει στην εφαρμογή το βάρος και το  $h_{po}$  που χαρακτηρίζουν έναν αθλητή. Στη συνέχεια μέσω της εφαρμογής γίνεται μαγνητοσκόπηση μίας σειράς από κατακόρυφα άλματα με σταδιακά αυξανόμενα φορτία. Έπειτα αφού γίνει σηματοδότηση της χρονικής στιγμής απογείωσης και προσγείωσης ώστε να βρεθεί ο χρόνος πτήσης ο αλγόριθμος των εφαρμογών εφαρμόζει τις μαθηματικές συναρτήσεις που αναφέρθηκαν προηγουμένως για να υπολογίσει το ταχυτητοδυναμικό προφίλ του αθλητή και να εμφανίσει τη γραφική αναπαράστασή τους. Αξίζει να σημειωθεί ότι η εγκυρότητα και αξιοπιστία της ηλεκτρονικής εφαρμογής έχει εξεταστεί και έχει βρεθεί υψηλή από την έρευνα των Balsalobre-Fernandez, Glaister και Lockety (2015).

## 2.2. Εύρεση ταχυτητοδυναμικού προφίλ στο οριζόντιο επίπεδο

Έχουν χρησιμοποιηθεί διάφοροι τρόποι για την εύρεση του ταχυτητοδυναμικού προφίλ στο οριζόντιο επίπεδο. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν ειδικοί διάδρομοι με αντίσταση

των οποίων ο μάρτυρας επιταχυνόταν από τον δοκιμαζόμενο. Με αυτήν τη μέθοδο απαιτούνταν αρκετά sprint των 6 sec με διαφορετική αντίσταση προκειμένου να βρεθούν οι σχέσεις F-v και P-v (Jaskolska, Goossens, Veenstra, Jaskolski, Skinner, 1999; Chelly, Denis, 2001). Αργότερα προτάθηκε από τους Morin και συν. (2010, 2011) μία μέθοδος που περιελάμβανε την πραγματοποίηση ενός μόνο sprint η οποία όμως απαιτούσε την χρήση ενός δυναμομετρικού διαδρόμου για την μέτρηση των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα του δοκιμαζόμενου κατά την επαφή με το έδαφος. Μία τρίτη μέθοδος που προτάθηκε λίγα χρόνια αργότερα προσομοίωσε τις πραγματικές συνθήκες άθλησης καθώς δεν απαιτούσε τη χρήση διαδρόμου (Rabita, Dorel, Slawinski, Saez de villarreal, Couturier, Samozino, Morin, 2015). Σε αυτήν ο δοκιμαζόμενος εκτελεί 5 διαδοχικά sprint 30 m και οι δυνάμεις της επαφής του ποδιού με το έδαφος μετρούνται με τη χρήση δυναμοδάπεδου 6,6 μέτρων το οποίο τοποθετείται σε κάθε sprint σε διαφορετικό εύρος της απόστασης 30 m. Όλες οι παραπάνω μέθοδοι παρέχουν αξιόπιστα και ακριβή δεδομένα σχετικά με τη δύναμη, την ταχύτητα και την ισχύ που παράγονται ανά διασκελισμό κατά τη διάρκεια ενός sprint. Παρ' όλα αυτά και οι τρεις απαιτούν ακριβό εργαστηριακό εξοπλισμό ο οποίος δεν είναι εύκολα προσβάσιμος στην καθημερινή πρακτική και για αυτό χρησιμοποιούνται σπανίως για την καθοδήγηση της προπονητικής διαδικασίας.

Έτσι λοιπόν οι Samozino και συν. (2016) πρότειναν μία μέθοδο ταχυτητοδυναμικής αξιολόγησης η οποία βασίζεται στην κινηματική ανάλυση, ήτοι την μεταβολή του χρόνου κάλυψης ενδιάμεσων μικρότερων αποστάσεων (split times), ενός sprint. Όπως και στο κατακόρυφο επίπεδο λαμβάνοντας υπόψιν το κέντρο βάρους του σώματος ενός δοκιμαζόμενου και εφαρμόζοντας βασικές αρχές της μηχανικής μπορεί να γίνει εκτίμηση των μέσων F, v και P που αντιστοιχούν στους διασκελισμούς ενός sprint.

Κατά τη διάρκεια ενός sprint οι δυνάμεις που ασκούνται στο κέντρο βάρους ενός αθλητή είναι το βάρος του σώματός του, η οπισθέλκουσα λόγω της αντίστασης του αέρα και δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους (οριζόντια και κατακόρυφη). Σύμφωνα με τη μηχανική η συνολική δύναμη που ασκείται στο κέντρο βάρους στον προσθοπίσθιο άξονα (F horizontal-  $F_h$ ) δίνεται από τον τύπο :

$$F_h = m * a_h + F_{aero} \quad (7)$$

όπου m η μάζα του αθλητή, a η οριζόντια επιτάχυνση του Κέντρου βάρους και  $F_{aero}$  η αεροδυναμική οπισθέλκουσα δύναμη. Από τη μηχανική των ρευστών γνωρίζουμε ότι:

$$F_{aero} = k * (v_h - v_{aero})^2 \quad (8)$$

όπου  $v_{aero}$  η ταχύτητα του ανέμου,  $v_h$  η οριζόντια ταχύτητα του κέντρου μάζας και  $k$  ο συντελεστής αεροδυναμικής τριβής. Από τα παραπάνω είναι εμφανές ότι η μόνη κινηματική μεταβλητή που πρέπει να μετρηθεί προκειμένου να βρεθεί η οριζόντια δύναμη  $F_h$  του κέντρου βάρους είναι η επιτάχυνση αυτού  $a_h$ .

Κατά τη φάση επιτάχυνσης ενός sprint η  $v_h$  αυξάνεται με εκθετικό τρόπο. Αυτό έχει καταγραφεί για ασκούμενους οποιουδήποτε επιπέδου και οποιασδήποτε ηλικίας (Furusawa, Hill, Parkinson, 1927; Chelly et al. 2001; di Prampero, Fusi, Sepulcri, Morin, Belli, Antonutto, 2005; Morin, Jeannin, Chevallier, Belli, 2006) με την  $v_h$  να δίνεται από τον τύπο:

$$v_h = v_{hmax} * (1 - e^{-t/\tau}) \quad (9)$$

όπου  $v_{hmax}$  η μέγιστη ταχύτητα στο τέλος της επιτάχυνσης και  $\tau$  η σταθερά χρόνου επιτάχυνσης (Phillips, Repperger & Chelette, 1995), την οριζόντια μετατόπιση ( $x_h$ ) να δίνεται από τον τύπο:

$$x_h = v_{hmax} * \left( t + \tau * e^{-\frac{t}{\tau}} \right) - v_{hmax} * \tau \quad (10)$$

και την οριζόντια επιτάχυνση ( $a_h$ ) από τον τύπο:

$$a_h = \left( \frac{v_{hmax}}{\tau} \right) * e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (11)$$

Μετρώντας λοιπόν για κάθε χρονική στιγμή την οριζόντια ταχύτητα ή την οριζόντια μετατόπιση και χρησιμοποιώντας την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων και τις εξισώσεις (9) και (10) μπορούν να υπολογιστούν οι μεταβλητές  $v_{hmax}$  και  $\tau$ . Στη συνέχεια μπορεί να υπολογιστεί για κάθε χρονική στιγμή η  $a_h$  από την εξίσωση (11), η  $F_h$  από την εξίσωση (7) και η  $v_h$  από την εξίσωση (9). Η μυϊκή ισχύς που παράγεται σε οριζόντιο επίπεδο ( $P_h$ ) κάθε στιγμή μπορεί να υπολογιστεί από το γινόμενο της  $F_h$  και  $v_h$ . Κάνοντας όλους τους

παραπάνω υπολογισμούς για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα ή μεταβολές της οριζόντιας μετατόπισης (π.χ. κάθε 0,05 sec ή κάθε 5 m) μπορεί να βρεθεί η γραφική παράσταση της ταχυτητοδυναμικής σχέσης  $F_h$  και  $v_h$  (γραμμική σχέση). Από τη συμβολή της γραφικής παράστασης με τον οριζόντιο και κατακόρυφο άξονα μπορούν να υπολογιστούν οι  $F_0$  και  $v_0$ . Με τον ίδιο τρόπο μπορεί να βρεθεί η γραφική παράσταση της σχέσης  $P_h-v_h$  (πολυωνυμική συνάρτηση δευτέρου βαθμού) και η μέγιστη οριζόντια ισχύς ( $P_{hmax}$ ).

Στον κατακόρυφο άξονα η δύναμη αντίδρασης του εδάφους που ασκείται στο κέντρο βάρους του σώματος σε κάθε διασκελισμό μπορεί να βρεθεί από τον τύπο:

$$F_v = m * g \quad (12)$$

Όπου  $m$  το βάρος του σώματος και  $g$  η επιτάχυνση της βαρύτητας.

Στη συνέχεια ο βαθμός μηχανικής απόδοσης των κάτω άκρων μπορεί να υπολογιστεί από τον τύπο:

$$RF = 100 * \frac{F_h}{\sqrt{F_h^2 + F_v^2}} \quad (13)$$

Η κλίση της ευθείας της γραφικής παράστασης  $RF-v_h$  δείχνει το ρυθμό με τον οποίο μειώνεται ο  $RF$  καθώς αυξάνεται η ταχύτητα ήτοι το  $D_{RF}$ .

Με την ανωτέρω μεθοδολογία λοιπόν είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί ταχυτητοδυναμική ανάλυση κατά τη διάρκεια ενός sprint μόνο με τη χρήση ανθρωπομετρικών (βάρος σώματος) και κινηματικών (χρόνος ή ταχύτητα σε συγκεκριμένα ενδιάμεσα διαστήματα) μετρήσεων. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι η εγκυρότητα και η αξιοπιστία της εν λόγω μεθόδου έχει εξεταστεί από την έρευνα των Samozino και συν. (2016) και έχει βρεθεί υψηλή λαμβάνοντας υπόψιν ως μέθοδο αναφοράς την ταχυτητοδυναμική ανάλυση με δυναμοδάπεδο και την κινηματική ανάλυση με φωτοκύτταρα.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι να βρεθεί ο χρόνος πραγματοποίησης των ενδιάμεσων αποστάσεων ενός sprint και να γίνει στη συνέχεια εφαρμογή των εξισώσεων που αναφέρθηκαν παραπάνω (φωτοκύτταρα, ραντάρ χειρός, συσκευές GPS, photo-finish, κάμερα υψηλής ταχύτητας). Πρόσφατα δημιουργήθηκε μία εφαρμογή για ηλεκτρονικά κινητά (MySprint) η οποία απλοποιεί ακόμα περισσότερο τη διαδικασία καθώς μέσα από την εφαρμογή μπορεί να γίνει η κινηματική ανάλυση ενός sprint και να εφαρμοστούν αυτόματα όλες οι απαραίτητες εξισώσεις για την εύρεση των επιθυμητών

ταχυτητοδυναμικών παραμέτρων. Μέσω της εφαρμογής γίνεται μαγνητοσκόπηση ενός sprint 30-40 μέτρων. Η εφαρμογή εκμεταλλεύεται την υψηλής ταχύτητας κάμερα των σύγχρονων κινητών (120-240 καρέ/δευτερόλεπτο) ώστε να μπορεί να οριστεί με ακρίβεια η χρονική στιγμή έναρξης-λήξης και διαπέρασης των ενδιάμεσων διαστημάτων των 5 μέτρων. Με αυτά τα δεδομένα και την εισαγωγή του βάρους του αθλητή υπολογίζονται όλες οι ταχυτητοδυναμικές παράμετροι καθώς και οι γραφικές παραστάσεις F-v και P-v. Η αξιοπιστία αυτού του μέσου έχει βρεθεί υψηλή από τους Romero-Franco και συν. (2016).

Κατόπιν της ανωτέρω ανασκόπησης γίνεται σαφές πως είναι εφικτό με απλές και οικονομικές μετρήσεις πεδίου να αξιολογείται το ταχυτητοδυναμικό προφίλ των αθλητών τόσο στο άλμα όσο και στο sprint από τους ίδιους τους προπονητές. Κατ' επέκταση δίνεται η δυνατότητα, με απλό και αξιόπιστο τρόπο, της εξατομίκευσης προπονητικής παρέμβασης και της ανατροφοδότησης σχετικά με την αποτελεσματικότητα αυτής (Morin, Samozino, 2016). Στην παρούσα έρευνα έγινε σύγκριση των ταχυτητοδυναμικών προφίλ αθλητών σε οριζόντιο και κατακόρυφο επίπεδο όπως αυτά προέκυψαν από τις δύο προαναφερθείσες ηλεκτρονικές εφαρμογές (Myjump και Mysprint).

### III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

#### 3.1. Συμμετέχοντες

Στη μελέτη συμμετείχαν 16 αθλητές αλμάτων και δρομείς 100m (ηλικία:  $21,19 \pm 5$  έτη, ύψος:  $180,88 \pm 7,6$  cm, ποσοστό σωματικού λίπους:  $12,63 \pm 5,5$  %) που αγωνιζόντουσαν σε εθνικό επίπεδο (υψηλού επιπέδου), σε διασυλλογικό-τοπικό επίπεδο και ή ήταν φοιτητές της ειδικότητας αλμάτων της Σ.Ε.Φ.Α.Α. Αθηνών (χαμηλού επιπέδου).

#### 3.2. Όργανα μέτρησης

- Για τη χρονομέτρηση του σπριντ 30 μέτρων χρησιμοποιήθηκε η ηλεκτρονική εφαρμογή MySprint η οποία εγκαταστάθηκε σε κινητό τηλέφωνο με δυνατότητα λήψης βίντεο σε ταχύτητα 120 fps και ανάλυση 1080p (iphone 6s).

- Για τη χρονομέτρηση του κατακόρυφου άλματος χρησιμοποιήθηκε η ηλεκτρονική εφαρμογή MyJump η οποία εγκαταστάθηκε σε κινητό τηλέφωνο με δυνατότητα λήψης βίντεο σε ταχύτητα 120 fps και ανάλυση 1080p (iphone 6s).

### 3.3. Διαδικασίες

Αρχικά έλαβε χώρα μία πρώτη συνάντηση με τους συμμετέχοντες προκειμένου να ενημερωθούν επί των διαδικασιών και να πραγματοποιηθεί μέτρηση των σωματομετρικών τους χαρακτηριστικών. Μετρήθηκε για τον κάθε συμμετέχοντα το μήκος των σκελών του, το ύψος του κέντρου βάρους του από το έδαφος σε γωνία κάμψης γονάτου 90 μοιρών, το βάρος του, το ύψος του και το ποσοστό σωματικού λίπους. Η μέτρηση του ποσοστού σωματικού λίπους έγινε με τη μέθοδο των δερματοπτυχών (Kaminsky, 2010). Για τον προσδιορισμό της σωματικής πυκνότητας χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση των 7 δερματοπτυχών των Jackson και Pollock (1985). Για τον υπολογισμό του ποσοστού σωματικού λίπους χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση του Siri (1956).

Στη συνέχεια όλοι οι δοκιμαζόμενοι συμμετείχαν σε δύο αξιολογήσεις που πραγματοποιήθηκαν την ίδια ημέρα. Οι αξιολογήσεις περιελάμβαναν ένα κατακόρυφο άλμα χωρίς ταλάντωση (SJ) και ένα sprint 30m τα οποία εκτελέστηκαν με τυχαία σειρά για το σύνολο των συμμετεχόντων.

Ο κάθε δοκιμαζόμενος εκκινούσε με 10 λεπτά προθέρμανση που αποτελούνταν από 5' τρέξιμο, 2 λεπτά στατικές διατάσεις, 2' δυναμικές διατάσεις και 3 sprint ή 3 SJ (ανάλογα με το ποια δοκιμασία εκτελούνταν πρώτη). Στα 3 λεπτά μετά την προθέρμανση οι συμμετέχοντες εκτελούσαν την πρώτη δοκιμασία. Στη συνέχεια μεσολαβούσε ένα διάλειμμα τουλάχιστον 30 λεπτών μέχρι να ξεκινήσει η επόμενη δοκιμασία προκειμένου να αποφευχθεί η επίδραση της κόπωσης μεταξύ των δύο δοκιμασιών καθώς επίσης και το ενδεχόμενο μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης. Στα 20' λεπτά του διαλείμματος οι συμμετέχοντες πραγματοποιούσαν ξανά την ίδια δεκάλεπτη προθέρμανση. Στα 3 λεπτά μετά τη λήξη της δεύτερης προθέρμανσης εκτελούσαν τη δεύτερη δοκιμασία.

#### *Κατακόρυφο ταχτητοδυναμικό προφίλ*

Οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν 4 SJ με διαφορετική αντίσταση και τυχαία σειρά προκειμένου να βρεθεί το κατακόρυφο ταχτητοδυναμικό προφίλ τους (Jiménez-Reyes,

*Samozino, Brughelli, Morin, 2017a*). Τα φορτία που έφεραν οι συμμετέχοντες ως αντίσταση αντιστοιχούσαν στο 0%, 20%, 40% και 60% του βάρους του σώματος του εκάστοτε συμμετέχοντα.

Στους συμμετέχοντες δόθηκαν οδηγίες να στέκονται ευθυτενείς και ακίνητοι στο σημείο εκτέλεσης του άλματος. Στη συνέχεια να έρθουν στη θέση καθίσματος μέχρι η γωνία κάμψης του γόνατος να είναι περίπου 90 μοίρες (80-100 μοίρες εύρος). Η θέση αυτήν διατηρούνταν για περίπου 2 δευτερόλεπτα πριν την έναρξη της σύγκεντρης φάσης του SJ και ελεγχόταν από έναν ιμάντα παράλληλο με το έδαφος ώστε να εξασφαλίζεται πάντα η ίδια απόσταση ώθησης του κέντρου βάρους του εκάστοτε συμμετέχοντα. Στους συμμετέχοντες δινόταν πάντα η οδηγία να εκτελέσουν το υψηλότερο δυνατό άλμα. Τα χέρια τους ήταν τοποθετημένα στα ισχία για τα SJ με το βάρος του σώματος ή στη μπάρα για τα SJ με αντίσταση. Δόθηκαν οδηγίες να εκτελεστεί το SJ χωρίς ταλάντωση κάτι το οποίο εξεταζόταν προσεκτικά από τον ερευνητή. Εάν ένα άλμα δεν πληρούσε τις παραπάνω προϋποθέσεις επαναλαμβανόταν. Εκτελέστηκαν δύο προσπάθειες για την κάθε διαφορετική αντίσταση με 2 λεπτά διάλειμμα μεταξύ τους και 4-5 λεπτά διάλειμμα μεταξύ των αλμάτων με διαφορετική αντίσταση.

Η κάθε προσπάθεια μαγνητοσκοπούνταν με ένα κινητό τηλέφωνο σύμφωνα με τις οδηγίες τις εφαρμογής Myjump. Η μαγνητοσκόπηση γινόταν με την κάμερα στο ύψος των πελμάτων των δοκιμαζομένων, την κάμερα να βρίσκεται σε απόσταση 1,5 μέτρα από τα πέλματά τους και εστιάζοντας σε αυτά από μπροστά. Δύο ανεξάρτητοι παρατηρητές επέλεξαν για κάθε δοκιμασία το πρώτο καρέ στο οποίο και τα δύο πέλματα των συμμετεχόντων σταματούσαν να έχουν επαφή με το έδαφος και το πρώτο καρέ στο οποίο τουλάχιστον ένα από τα δύο πέλματα ερχόταν ξανά σε επαφή με το έδαφος. Από το γινόμενο του αριθμού των καρέ και του χρόνου διάρκειας του κάθε καρέ προέκυπτε ο χρόνος πτήσης του SJ.

Η εφαρμογή έχοντας ως εισαγωγή τα ανωτέρω δεδομένα (χρόνος πτήσης SJ, ύψος σκελών, ύψος κέντρου βάρους με γωνία κάμψης 90 μοίρες και μέγεθος της αντίστασης) εξήγαγε ως αποτελέσματα τις ταχυτητοδυναμικές παραμέτρους ύψος SJ,  $F_0$ ,  $V_0$ ,  $P_{max}$ ,  $Sf-v$ ,  $Sf-v_{opt}$  καθώς και το εκτιμώμενο ύψος του άλματος σε περίπτωση ταύτισης  $Sf-v$  και  $Sf-v_{opt}$

Οριζόντιο ταχυτητοδυναμικό προφίλ

Οι δοκιμασία περιλάμβανε την εκτέλεση δύο sprint 30m μέγιστης προσπάθειας από

τα οποία χρησιμοποιήθηκε για ανάλυση εκείνο με τη βέλτιστη απόδοση. Τα δύο sprint εκτελέστηκαν με 4 λεπτά διάλλειμα μεταξύ τους. Η δοκιμασία έλαβε μέρος σε ανοιχτό γήπεδο στίβου (ταρτάν). Η θέση εκκίνησης ήταν με τριπλή στήριξη με το δεξί χέρι στο έδαφος. Η έναρξη της χρονομέτρησης ορίστηκε ως η στιγμή που ο δεξιάς αντίχειρας του εκάστοτε δοκιμαζόμενου άφηνε το έδαφος. Στην ευθεία των 30 μέτρων προκειμένου να είναι δυνατή η χρονομέτρηση της απόδοσης ανά 5 μέτρα τοποθετήθηκαν κατακόρυφοι δείκτες στα 5.57m, 10.28m, 15m, 19.72, 24.43m και 29.15m (όχι ακριβώς ανά 5 m προς διόρθωση της παράλλαξης). Η κάμερα τοποθετήθηκε σε τρίποδα σε 10m κάθετη απόσταση από τον διάδρομο του sprint (πλάγια όψη) στο ύψος των 15 m (μέσον) και το πλάνο κινούνταν από την εκκίνηση προς τον τερματισμό μαζί με τον δοκιμαζόμενο. Το κέντρο βάρους του εκάστοτε συμμετέχοντα σημειώθηκε με ανακλαστήρα στο ύψος των ισχίων του. Καθώς οι συμμετέχοντες πραγματοποιούσαν το sprint οι κατακόρυφοι δείκτες βρισκόντουσαν ανάμεσα σε αυτούς και στην κάμερα. Εντός της εφαρμογής σημειώθηκαν τα καρέ που ο ανακλαστήρας ευθυγραμμιζόταν με τους κατακόρυφους δείκτες ώστε να βρεθεί η απόδοση του sprint (χρόνος) ανά 5 μέτρα αλλά και η συνολική απόδοση των 30 m.

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η ακριβής μέτρηση των ενδιάμεσων χρονικών διαστημάτων δύο ανεξάρτητοι παρατηρητές επέλεξαν για κάθε δοκιμασία το καρέ στο οποίο ο αντίχειρας έχανε την επαφή με το έδαφος (έναρξη χρονομέτρου) και τα καρέ που ο ανακλαστήρας ευθυγραμμιζόταν με τους κατακόρυφους δείκτες (χρόνος ενδιάμεσων αποστάσεων και τερματισμού). Μετά από αυτό η εφαρμογή Mysprint υπολόγιζε αυτόματα τις ταχτητοδυναμικές παραμέτρους από τις εξισώσεις των Samozino και συνεργατών που ήδη αναφέρθηκαν.

### 3.4. Στατιστική Ανάλυση

Χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής Pearson ( $r$ ) προκειμένου να ελεγχθεί η συσχέτιση των μεταβλητών ταχτητοδυναμικού προφίλ ( $F_0$ ,  $v_0$ ,  $P_{max}$  και  $SFv$ ) και της απόδοσης (χρόνος sprint 5m, 20m, 30m, και ύψος SJ) μεταξύ της κατακόρυφης και οριζόντιας μετατόπισης. Τα δεδομένα κατηγοριοποιήθηκαν με βάση το επίπεδο των αθλητών (υψηλού-HL, μεσαίου-ML και χαμηλού επιπέδου-LL). Το επίπεδο συσχέτισης με βάση τον συντελεστή  $r$  κατηγοριοποιήθηκε ως εξής: ασήμαντο ( $r < 0.1$ ), χαμηλό ( $r = 0.1-0.3$ ), μέτριο ( $r = 0.3-0.5$ ), υψηλό ( $r = 0.5-0.7$ ), πολύ υψηλό ( $r = 0.7-0.9$ ) και σχεδόν τέλειο ( $r > 0.9$ ) (Hopkins et al., 2009). Όλες οι στατιστικές αναλύσεις έγιναν με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).





#### IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

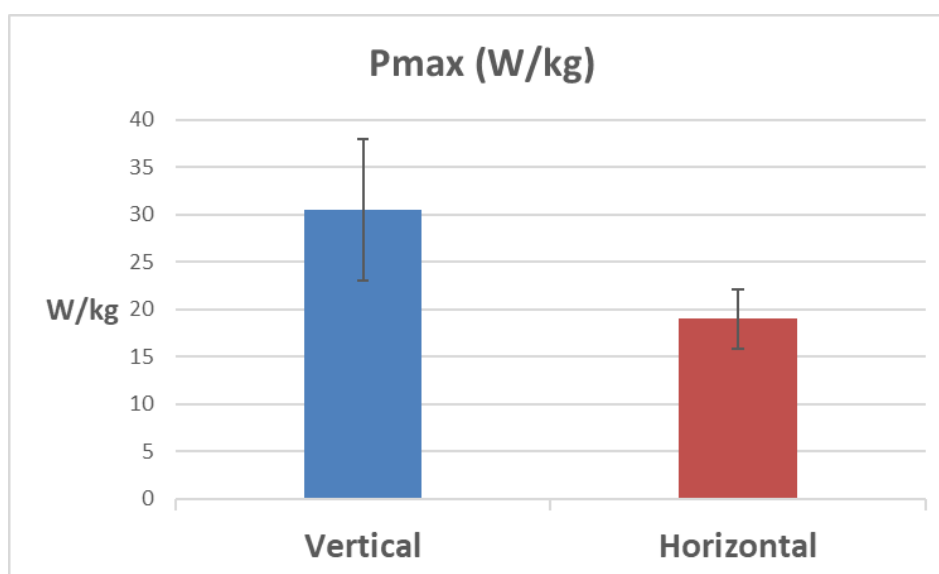
Στους πίνακες 4.1 και 4.2 φαίνονται αντίστοιχα η απόδοσή των συμμετεχόντων στις δύο αξιολογήσεις και οι τιμές των μεταβλητών που περιγράφουν το ταχυτητοδυναμικό τους προφίλ.

Σε ότι αφορά τις μεταβλητές ταχυτητοδυναμικού προφίλ δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ κατακόρυφης και οριζόντιας μετατόπισης για το σύνολο των συμμετεχόντων ( $n=16$ ) (Πίνακας 4.3.). Επιπρόσθετα για όλα τα επίπεδα αλλά και το σύνολο των αθλητών δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική συσχέτιση της απόδοσης στο SJ με την απόδοση στα 5, 20, και 30m (Πίνακας 4.3).

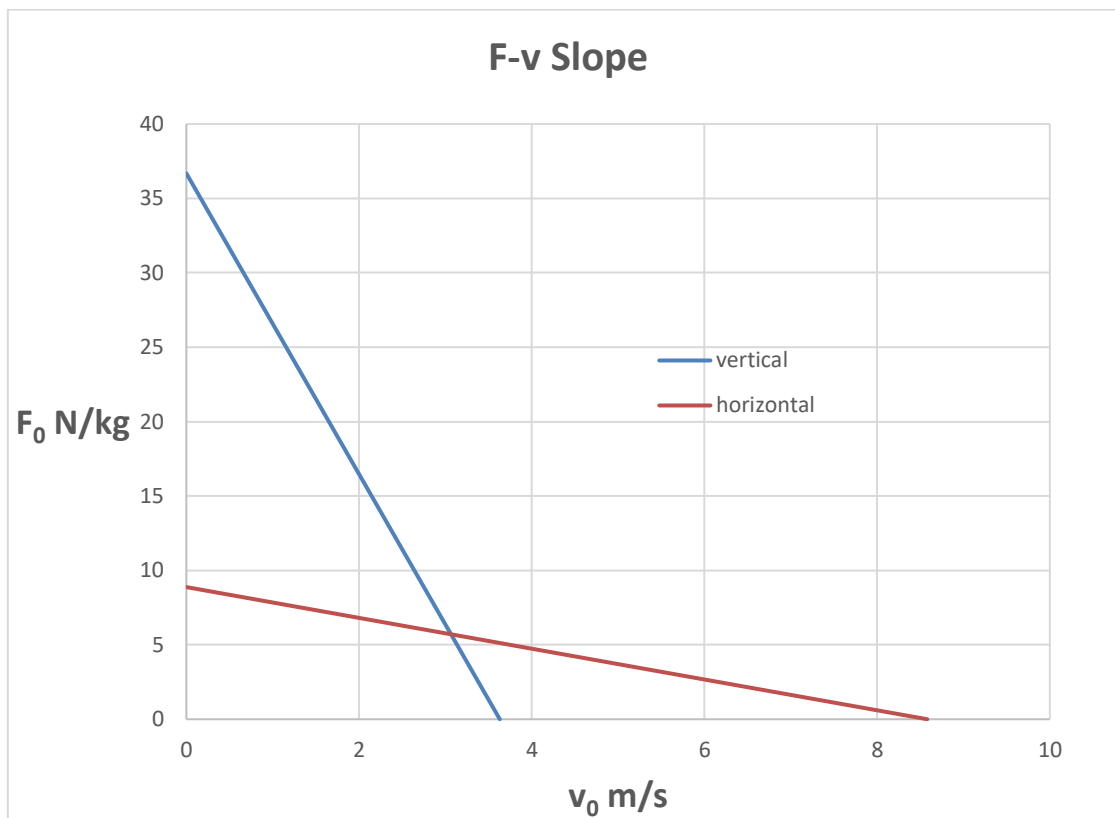
**Πίνακας 4.1.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις, ανά επίπεδο της απόδοσης στην κατακόρυφη και οριζόντια αξιολόγηση

	SJ height (cm)	Sprint time 5m (s)	Sprint time 20m (s)	Sprint time 30m (s)
♂ HL (n = 5)	36,81±1,79	1,23±0,06	3,2±0,05	4,35±0,06
♂ ML (n = 5)	31,38±3,09	1,31±0,04	3,35±0,06	4,55±0,09
♂ LL (n = 6)	31,13±3,36	1,27±0,13	3,42±0,15	4,7±0,2
<b>ALL(n=16)</b>	<b>32,98±3,78</b>	<b>1,27±0,09</b>	<b>3,33±0,14</b>	<b>4,54±0,2</b>

LL χαμηλού επιπέδου αθλητές (low level), ML μεσαίου επιπέδου αθλητές (medium level) HL υψηλού επιπέδου αθλητές (high level).



**Σχήμα 4.1.** Μέγιστη θεωρητική ισχύς για το σύνολο των συμμετεχόντων ( $n=16$ ) στην κατακόρυφη και οριζόντια συνθήκη.



**Σχήμα 4.2.** Κλίση καμπύλης  $F$ - $v$  για το σύνολο των συμμετεχόντων ( $n=16$ ) στην κατακόρυφη και οριζόντια συνθήκη.

**Πίνακας 4.2** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις ανά επίπεδο, των μεταβλητών που περιγράφουν το ταχτητοδυναμικό προφίλ στην κατακόρυφη και οριζόντια αξιολόγηση.

	$F_0$ (N/kg)		$v_0$ (m/s)		$P_{max}$ (W/kg)		SLOPE FV	
	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
HL ( $n = 5$ )	40,67±12,53	9,33±1,46	3,43±1,01	9,07±0,61	32,46±2,94	20,98±1,75	-14,23±10,69	-1,04±0,25
ML ( $n = 5$ )	37,76±9,84	8,15±0,65	3,45±1,6	8,76±0,32	29,85±5,67	17,82±1,24	-13,23±6,94	-0,93±0,09
LL ( $n = 6$ )	32,44±11,34	9,11±2,2	3,96±2,23	8,02±0,27	29,39±11,4	18,25±4,46	-10,94±7,81	-1,14±0,28
ALL( $n=16$ )	36,68±11,11	8,88±1,6	3,63±1,64	8,58±0,61	30,49±7,49	18,97±3,14	-12,68±8,11	-1,04±0,23

$F_0$  θεωρητική μέγιστη δύναμη,  $v_0$  θεωρητική μέγιστη ταχύτητα,  $P_{max}$  μέγιστη ισχύς, LL χαμηλού επιπέδου αθλητές (low level), ML μεσαίου επιπέδου αθλητές (medium level) HL υψηλού επιπέδου αθλητές (high level).

**Πίνακας 4.3.** Συντελεστής *Pearson* ανά επίπεδο για όλες τις μεταβλητές ταχυτητοδυναμικού προφίλ και την απόδοση μεταξύ κατακόρυφης και οριζόντιας συνθήκης

	<b>F0 (N/kg)</b>	<b>v0 (m/s)</b>	<b>Pmax (W/kg)</b>	<b>Slope FV</b>	<b>Performance 5</b>	<b>Performance 20</b>	<b>Performance 30</b>
♂ <b>HL (n = 5)</b>	0,079	0,058	0,123	0,164	0,249	0,566	<b>0,796</b>
♂ <b>ML (n = 5)</b>	0.192	0,444	0,4	0,365	0,184	0,171	0,17
♂ <b>LL (n = 6)</b>	0,125	0,568	0,056	0,226	<b>0,708</b>	0,543	0,592
<b>ALL(n=16)</b>	0,65	0,182	0,081	0,163	0,067	0,247	0,303

*F0* θεωρητική μέγιστη δύναμη, *v0* θεωρητική μέγιστη ταχύτητα, *Pmax* μέγιστη ισχύς, *LL* χαμηλού επιπέδου αθλητές (*low level*), *ML* μεσαίου επιπέδου αθλητές (*medium level*) *HL* υψηλού επιπέδου αθλητές (*high level*). Σημαντική συσχέτιση: \**P* < 0.05, \*\**P* < 0.01, \*\*\**P* < 0.001. Ποιοτική ερμηνεία του συντελεστή συσχέτισης *Pearson*: ασήμαντη (*r* < 0.1), μικρή (*r* = 0.1–0.3), μέτρια (*r* = 0.3–0.5), υψηλή (*r* = 0.5–0.7), πολύ υψηλή (*r* = 0.7–0.9), σχεδόν τέλεια (*r* > 0.9) (*Hopkins et al.*, 2009).

## V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να εξετάσει το βαθμό συσχέτισης μεταξύ του κατακόρυφου και του οριζόντιου ταχυτητοδυναμικού προφίλ σε Έλληνες αθλητές αλμάτων και sprint διαφόρων επιπέδων. Επιπρόσθετα τα αποτελέσματά της μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ένα σημείο αναφοράς για το ταχυτητοδυναμικό προφίλ των Ελλήνων αθλητών με αντίστοιχα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων.

Από τα αποτελέσματα δε φαίνεται να υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση για καμία μεταβλητή ταχυτητοδυναμικού προφίλ ( $F_0$ ,  $v_0$ ,  $P_{max}$ ,  $SFv$ ) ανάμεσα σε κατακόρυφη και οριζόντια διεύθυνση. Έλλειψη συσχέτισης παρατηρήθηκε τόσο για το σύνολο των συμμετεχόντων όσο και για τις επιμέρους υποκατηγορίες που διαμορφώθηκαν σύμφωνα με το επίπεδο άσκησης. Επίσης δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της επίδοσης στο SJ και της επίδοσης στα 5, 20 και 30m sprint σε καμία υποκατηγορία του δείγματος.

Φαίνεται λοιπόν πως η ικανότητα γρήγορης παραγωγής οριζόντιας δύναμης κατά τη διάρκεια ενός sprint δε συνδέεται με την ικανότητα των κάτω άκρων να αναπτύσσουν δύναμη σε κατακόρυφο επίπεδο κατά τη διάρκεια ενός SJ. Αυτό ίσως να μπορεί να εξηγηθεί υπό το πρίσμα κάποιων βασικών διαφορών στη νευρομυϊκή λειτουργία και την εμβιομηχανική που χαρακτηρίζουν τους δύο τρόπους αξιολόγησης του ταχυτητοδυναμικού προφίλ.

Μία πρώτη διαφορά είναι ότι το sprint αποτελείται, πέραν των πρώτων διασκελισμών, από συσπάσεις που περιλαμβάνουν πλήρη κύκλο διάτασης βράχυνσης σε αντίθεση με το SJ που περιλαμβάνει μόνο σύγκεντρη μυϊκή συστολή. Θα είχε επομένως ενδιαφέρον να εξεταστεί η συσχέτιση των δύο ταχυτητοδυναμικών προφίλ χρησιμοποιώντας για την αξιολόγηση στην κατακόρυφη διεύθυνση κατακόρυφο άλμα μετά από πτώση (Drop Jump-DJ) προκειμένου να εξασφαλίζεται αντίστοιχα η ενεργοποίηση του μυστατικού αντανακλαστικού. Προφανώς η αξιολόγηση του ταχυτητοδυναμικού προφίλ με αυτόν τον τρόπο γίνεται αρκετά δυσκολότερη καθώς δημιουργείται το πρόβλημα μέτρησης του μήκους ώθησης του κέντρου βάρους που δε θα είναι σταθερό καθώς μεταβάλλεται η αντίσταση μεταξύ των προσπαθειών. Επιπλέον το

Sprint περιλαμβάνει μονοποδικές στηρίξεις και ωθήσεις. Επομένως ένα κατακόρυφο άλμα με μονοποδική στήριξη που προσομοιάζει περισσότερο το κινητικό μοτίβο του sprint ίσως να προσέφερε καλύτερη αντιστοιχία ανάμεσα στις δύο συνθήκες. Μία ακόμα διαφορά εντοπίζεται στο ότι κατά την οριζόντια μετατόπιση και την εφαρμογή δύναμης στο έδαφος υπάρχουν μηχανικές απώλειες. Ήτοι η δύναμη που αναπτύσσεται από τα κάτω άκρα δεν εφαρμόζεται στο σύνολό της προς την οριζόντια κατεύθυνση κίνησης του σώματος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η οριζόντια μέγιστη δύναμη  $F_0$  να μην εξαρτάται μόνο από τη συνολική ικανότητα παραγωγής δύναμης των κάτω άκρων αλλά και από την ικανότητα αποτελεσματικής εφαρμογής αυτής στο έδαφος.

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έρχονται σε μερική συμφωνία με τα αποτελέσματα της έρευνας των Jiménez-Reyes και συν (2018) στην οποία αφενός δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση ( $r=0,50, 0,36, 0,36, -0,35$  για τα  $F_0, v_0, P_{max}$  και επίδοση SJ-sprint 20m αντίστοιχα) μεταξύ κατακόρυφης και οριζόντιας συνθήκης των ίδιων μεταβλητών ταχυτητοδυναμικού προφίλ για τα δείγματα sprinter υψηλού επιπέδου αφετέρου παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική ( $r=0.58^*, 0.43, 0.64^{**}, -0.67^{**}$  για τα  $F_0, v_0, P_{max}$  και επίδοση SJ-sprint 20m αντίστοιχα) υψηλή συσχέτιση για το δείγμα φοιτητών φυσικής αγωγής (χαμηλού επιπέδου). Αυτήν η διαφορά ίσως να μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι στην παρούσα έρευνα οι φοιτητές φυσικής αγωγής επιλέχθηκαν γιατί παρακολουθούσαν την κατεύθυνση των αθλητικών αλμάτων ενώ στην έρευνα των Jiménez-Reyes και συν (2018) η επιλογή φαίνεται να ήταν τυχαία.

Επιπρόσθετα στην έρευνα των Jiménez-Reyes και συν (2018), για το σύνολο των συμμετεχόντων, παρατηρήθηκε μία τάση μείωσης της συσχέτισης του ταχυτητοδυναμικού προφίλ μεταξύ των δύο συνθηκών καθώς αυξανόταν το επίπεδο των αθλητών κάτι που δεν παρατηρήθηκε στην παρούσα έρευνα. Αυτήν η διαφορά ενδεχομένως να μπορεί να εξηγηθεί από το ότι στην παρούσα έρευνα το σύνολο του δείγματος αποτελούνταν από δρομείς και άλτες σε αντίθεση με την πληθώρα αθλημάτων από τα οποία προερχόντουσαν οι συμμετέχοντες στη έρευνα των Jiménez-Reyes και συν (2018). Ίσως δηλαδή σε ένα δείγμα μεγαλύτερο και με ευρύτερη ποικιλία αθλητικής εξειδίκευσης να μπορούν να προκύψουν ανάλογα συμπεράσματα.

Τέλος σε ότι αφορά την επίδοση η έλλειψη συσχέτισης που παρατηρήθηκε ανάμεσα στο SJ και το sprint 5, 20 και 30m σε όλες τις κατηγορίες έρχεται σε συμφωνία τόσο με τη βιβλιογραφία (Jiménez-Reyes et al., 2018) όσο και με την έλλειψη συσχέτισης που παρατηρήθηκε στις μεταβλητές του ταχυτητοδυναμικού προφίλ.

## VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η μελέτη αυτή επιδίωξε να ερευνήσει εάν υπάρχει συσχέτιση του ταχυτητοδυναμικού προφίλ των κάτω άκρων μεταξύ οριζόντιας και κατακόρυφης επιτάχυνσης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, δε φαίνεται να υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση.

Από τα παραπάνω προκύπτει το συμπέρασμα ότι τα ταχυτητοδυναμικά προφίλ ενός αθλητή σε κατακόρυφη και οριζόντια κατεύθυνση παρέχουν διαφορετικές πληροφορίες για την ικανότητά του να παράγει δύναμη σε σύντομο χρονικό διάστημα. Επομένως η αξιολόγηση του ταχυτητοδυναμικού προφίλ θα πρέπει να πραγματοποιείται και για τις δύο συνθήκες ώστε να εξασφαλίζεται πιο ολοκληρωμένη κατανόηση των αναγκών του εκάστοτε αθλητή και να βελτιστοποιείται ο σχεδιασμός των προπονητικών ερεθισμάτων .

Λαμβάνοντας υπόψη τη φύση και το μέγεθος του δείγματος της παρούσας έρευνας γίνεται εμφανές ότι απαιτείται περαιτέρω έρευνα με ευρύτερο και μεγαλύτερο δείγμα προκειμένου να διευκρινιστεί εάν το ταχυτητοδυναμικό προφίλ που προκύπτει με τους δύο αυτούς τρόπους συσχετίζεται στους Έλληνες αθλητές διαφορετικών αθλημάτων και επιπέδων.

Επίσης μία μελλοντική έρευνα θα είχε ενδιαφέρον να εξέταζε την συσχέτιση ανάμεσα στην κατακόρυφη και οριζόντια συνθήκη χρησιμοποιώντας όμως DJ ή και μονοποδική στήριξη για τον αξιολόγηση στον κατακόρυφο άξονα.

Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν για γενίκευση στον ελληνικό πληθυσμό, αλλά μπορούν να θεωρηθούν σημαντικά και να ληφθούν σοβαρά υπόψη από την ακαδημαϊκή κοινότητα.



## II. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Arsac LM, Belli A, Lacour JR. (1996). Muscle function during brief maximal exercise: accurate measurements on a friction-loaded cycle ergometer. *Eur J Appl Physiol*, 1-2(74), σσ. 100-106.
- Balsalobre-Fernandez C, Glaister M, Lockey RA. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *J Sports Sci*, 15(33), σσ. 1574–1579.
- Blazevich AJ, Jenkins DG. (2002). Effect of the movement speed of resistance training exercises on sprint and strength performance in concurrently training elite junior sprinters. *Journal of Sports Sciences* (20 (12):), σσ. 981–990 .
- Bosco C, Belli A, Astrua M, Tihanyi J, Pozzo R, Kellis S, Tsarpela O, Foti C, Manno R, Tranquilli C. (1995). A dynamometer for evaluation of dynamic muscle work. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 5(70), σσ. 379-386.
- Bosco C, Belli A, Astrua M, Tihanyi J, Pozzo R, Kellis S, Tsarpela O, Foti C, Manno R, Tranquilli C. (1995). A dynamometer for evaluation of dynamic muscle work. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 5(70), σσ. 379-386.
- Bosco C, Komi PV. (1979). Potentiation of the mechanical behavior of the human skeletal muscle through prestretching. *Acta Physiol Scand*, 4(106), σσ. 467-472.
- Chelly SM, Denis. (2001). Leg power and hopping stiffness: relationship with sprint running performance. *Med Sci Sports Exerc*, 2(33), σσ. 326–333.
- Comfort P, Stewart A, Bloom L, Clarkson B. (2013). Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research* ( 28 (1)), σσ. :173–177 .
- Comstock BA, Solomon-Hill G, Flanagan SD, Earp JE, Luk HY, Dobbins KA, Dunn-Lewis C, Fragala MS, Ho JY, Hatfield DL, Vingren JL, Denegar CR, Volek JS, Kupchak BR, Maresh CM, Kraemer WJ. (2011). Validity of the Myotest® in measuring force and power production in the squat and bench press. *J Strength Conditioning Res*, 8(25), σσ. 2293–2297.
- Cormie P, Deane R, McBride JM. (2007). Methodological concerns for determining power output in the jump squat. *J Strength Conditioning Res*, 2(21), σσ. 424-430.
- Cronin J, Ogden T, Lawton T. (2007). Does increasing maximal strength improve sprint running performance? *Strength and Conditioning Journal*( 29(3)), σσ. :86–95.

- Cross MR, Brughelli M, Samozino P, Morin JB. (2017). Methods of power-force-velocity profiling during sprint running: a narrative review. *Sports Medicine* ( 47(7)), σσ. 1255–1269 .
- di Prampero PE, Fusi S, Sepulcri L, Morin JB, Belli A, Antonutto G. (2005). Sprint running: a new energetic approach. *J Exp Biol*(208), σσ. 2809–2816.
- Furusawa K, Hill AV, Parkinson JL. (1927). The dynamics of “sprint” running. *Proc R Soc B*(102), σσ. 29–42.
- GA, C. (1975). Force platforms as ergometers. *J Appl Physiol*, 1(39), σσ. 174-179.
- García-Ramos A, Feriche B, Pérez-Castilla A, Padial P, Jaric S. (2017). Assessment of leg muscles mechanical capacities: which jump, loading, and variable type provide the most reliable outcomes? *European Journal of Sport Science*( 17(6):), σσ. 690–698.
- Giroux C, Rabita G, Chollet D, Guilhem G. (2015). What is the best method for assessing lower limb force-velocity relationship? *Int J Sports Med*, 2(36), σσ. 143–149.
- Giroux C, Rabita G, Chollet D, Guilhem G. (2014). What is the best method for assessing lower limb force-velocity relationship? *International Journal of Sports Medicine*(36(2)), σσ. 143–149.
- Harman EA, Rosenstein MT, Frykman PN, Rosenstein RM, Kraemer WJ. (1991). Estimation of human power output from vertical jump. *J Appl Sport Sci Res*, 3(5), σσ. 116-120.
- Harris NK, Cronin JB, Hopkins WG. (2007). Power outputs of a machine squat-jump across a spectrum of loads. *J Strength Conditioning Re*, 4(21), σσ. 1260-1264.
- Hintzy F, Belli A, Grappe F, Rouillon JD. (1999). Optimal pedalling velocity characteristics during maximal and submaximal cycling in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 5(79), σσ. 426–432.
- Jackson, A.S., & Pollock, M.L. (1985). Practical assesmeny of body composition. *Physiology of Sports Medicine*, (13), 76-90. Βιβλιογραφία
- Jaskolska A, Goossens P, Veenstra B, Jaskolski A, Skinner JS. (1999). Treadmill measurement of the force-velocity relationship and power output in subjects with different maximal running velocities. *Sports Med Train Rehab*(8), σσ. 347–358.
- Jiménez-Reyes P, Samozino P, García-Ramos A, Cuadrado-Peñafiel V, Brughelli M, Morin JB. (2018). Relationship between vertical and horizontal force-velocity-power profiles in various sports and levels of practice. *PeerJ*. doi: DOI 10.7717/peerj.5937

- Jiménez-Reyes P, Samozino P, Brughelli M, Morin JB. (2017a). Effectiveness of an individualized training based on force-velocity profiling during jumping. *Frontiers in Physiology*(7), σ. 677.
- Jiménez-Reyes P, Samozino P, Cuadrado-Peñafiel V, Conceição F, González-Badillo JJ, Morin JB. (2014). Effect of countermovement on power-force-velocity profile. *European Journal of Applied Physiology*( 114(11)), σσ. 2281–2288 .
- Jimenez-Reyes P, Samozino P, Pareja-Blanco F, Conceicao F, Cuadrado-Penafiel V, Gonzalez-Badillo JJ, Morin JB. (2016). Validity of a simple method for measuring force-velocity-power profile in countermovement jump. *Int J Sports Physiol Perform.* doi: [https:// doi.org/10.1123/ijsp.2015-0484](https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0484)
- Jiménez-Reyes P, Samozino P, Pareja-Blanco F, Conceicao F, Cuadrado-Penafiel V, Gonzalez-Badillo JJ, Morin J-B. (2017b). Validity of a simple method for measuring force-velocity-power profile in countermovement jump. *International Journal of Sports Physiology and Performance*( 12(1)), σσ. 36–43.
- Kaminsky, L. (2010). Body Composition. In L. Kaminsky, *ACSM's Health-Related Physical Fitness Assesment Manual*. Wolters Kluwer.
- Loturco I, D'Angelo RA, Fernandes V, Gil S, Kobal R, Cal Abad CC, Kitamura K, Nakamura FY. (2015). Relationship between sprint ability and loaded/unloaded jump tests in elite sprinters. *Journal of Strength and Conditioning Research*( 29(3):), σσ. 758–764.
- Morin JB, Bourdin M, Edouard P, Peyrot N, Samozino P, Lacour JR. (2012). Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. *European Journal of Applied Physiology* (112(11): ), σσ. 3921–3930.
- Morin J-B, Edouard P, Samozino P. (2011). Technical ability of force application as a determinant factor of sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* (43(9):), σσ. 1680–1688.
- Morin JB, Jeannin T, Chevallier B, Belli A. (2006). Spring-mass model characteristics during sprint running: correlation with performance and fatigue-induced changes. *Int J Sports Med*, 2(27), σσ. 158–165.
- Morin JB, Samozino P, Bonnefoy R, Edouard P, Belli A. (2010). Direct measurement of power during one single sprint on treadmill. *J Biomech*, 10(43), σσ. 1970–1975.
- Morin JB, Samozino P. 2016. (χ.χ.). *Interpreting power-force-velocity profiles for*

- individualized and specific training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*(11(2)), σσ. :267–272.
- Nagahara R, Naito H, Miyashiro K, Morin JB, Zushi K. (2014). Traditional and ankle-specific vertical jumps as strength-power indicators for maximal sprint acceleration. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*(54), σσ. 691–699.
- Palmieri G, Callegari M, Fioretti S. (2015). Analytical and multibody modeling for the power analysis of standing jumps. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*, 14(18), σσ. 1564–1573.
- Phillips, CA, Repperger, DW & Chelette, TL. (1995). THE ACCELERATION TIME CONSTANT: COMPARISON OF NORMAL AND SPASTIC UPPER EXTREMITY MOVEMENT . IEEE-EMBC and CMBEC .
- Rabita G, Dorel S, Slawinski J, Saez de villarreal E, Couturier A, Samozino P, Morin JB. (2015). Sprint mechanics in world-class athletes: a new insight into the limits of human locomotion. *Scand J Med Sci Sports*. doi:<https://doi.org/10.1111/sms.12389>
- Rahmani A, Dalleau G, Viale F, Belli A, Lacour JR. (1998). Mesure de la force dynamique par un test ballistique. *Science et Sports*(241), σσ. 241-242.
- Rahmani A, Dalleau G, Viale F, Hautier CA, Lacour JR. (2000). Validity and reliability of a kinematic device for measuring the force developed during squatting. *J Appl Biomech*(16), σσ. 26-35.
- Rahmani A, Viale F, Dalleau G, Lacour JR. (2001). Force/velocity and power/velocity relationships in squat exercise. *Eur J Appl Physiol*, 3(84), σσ. 227-232.
- Ramírez-Campillo R, Burgos CH, Henríquez-Olguín C, Andrade DC, Martínez C, Álvarez C, Castro-Sepúlveda M, Marques MCMC, Izquierdo M. (2015). Effect of unilateral, bilateral, and combined plyometric training on explosive and endurance performance of young soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*( 29(5)), σσ. 1317–1328.
- Randell AD, Cronin JB, Keogh JWL, Gill ND. 2010. (2010). Transference of strength and power adaptation to sports performance—horizontal and vertical force production. *Strength and Conditioning Journal*( 32(4)), σσ. :100–106.
- Romero-Franco N, Jimenez-Reyes P, Castano-Zambudio A, Capelo-Ramirez F, Rodriguez-Juan JJ, Gonzalez-Hernandez J, Toscano-Bendala FJ, Cuadrado-Penafiel V & Balsalobre-Fernandez C. (2016). Sprint performance and mechanical outputs computed

- with an iPhone app: Comparison with existing reference methods. *European Journal of Sport Science*. doi:10.1080/17461391.2016.1249031
- Romero-Franco N, Jiménez-Reyes P, Castaño-Zambudio A, Capelo-Ramírez F, Rodríguez-Juan JJ, González-Hernández J, Toscano-Bendala FJ, Cuadrado-Peñafiel V, Balsalobre-Fernández C. (2017). Sprint performance and mechanical outputs computed with an iPhone app: comparison with existing reference methods. *European Journal of Sport Science*(17(4)), σσ. 386–392.
- Samozino P, Edouard P, Sangnier S, Brughelli M, Gimenez P, Morin J. (2014). Force-velocity profile: imbalance determination and effect on lower limb ballistic performance. *International Journal of Sports Medicine*( 35(6)), σσ. 505–510.
- Samozino P, Horvais N, Hintzy F. (2007). Why does power output decrease at high pedaling rates during sprint cycling? *Med Sci Sports Exerc*, 4(39), σσ. 680-687.
- Samozino P, Morin JB, Hintzy F, Belli A. (2008). A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *Journal of Biomechanics*( 41(14)), σσ. 2940–2945.
- Samozino P, Rabita G, Dorel S, Slawinski J, Peyrot N, Saez de Villarreal E, Morin J-B. (2016). A simple method for measuring power, force, velocity properties, and mechanical effectiveness in sprint running. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*( 26(6):), σσ. 648–658 .
- Samozino P, Rejc E, Di Prampero PE, Belli A, Morin JB. (2012). Optimal force-velocity profile in ballistic movements-Altius: Citius or Fortius? *Medicine and Science in Sports and Exercise*(44(2)), σσ. :313–322 .
- Sargeant AJ, Hoinville E, Young A. (1981). Maximum leg force and power output during short-term dynamic exercise. *J Appl Physiol*, 5(51), σσ. 1175-1182.
- Seitz LB, Reyes A, Tran TT, de Villarreal ES, Haff GG. (2014). Increases in lower-body strength transfer positively to sprint performance: a systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine* (44(12):), σσ. 1693–1702 .
- Siri WE, (1956). The gross composition of the body. *Advances in Biology and Medical Physiology*, (4), 239-280.
- Van Soest O, Casius LJ. (2000). Which factors determine the optimal pedaling rate in sprint cycling? *Med Sci Sports Exerc*, 11(32), σσ. 1927-1934.
- Vandewalle H, Peres G, Heller J, Panel J, Monod H. (1987a). Force-velocity relationship

and maximal power on a cycle ergometer. Correlation with the height of a vertical jump. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 6(56), σσ. 650-656.

Yamauchi J, Ishii N. (2007). Relations between force-velocity characteristics of the knee-hip extension movement and vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*( 21(3):), σσ. 703–709.

## **VIII. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ  
ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ  
&  
ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΩΝ  
ΣΠΟΥΔΩΝ - ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ  
«ΑΘΛΗΤΙΚΩΝ ΑΛΜΑΤΩΝ»

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1- Έντυπο Συγκατάθεσης

#### **ΕΝΤΥΠΟ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ - ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ ΔΟΚΙΜΑΖΟΜΕΝΩΝ**

Η έρευνα στην οποία πρόκειται να συμμετάσχετε διεξάγεται στα πλαίσια του προπτυχιακού Προγράμματος σπουδών του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών. Το σύνολο των μετρήσεων θα διεξαχθεί στα γήπεδο στίβου του ΤΕΦΑΑ Αθηνών. Σκοπός της έρευνας είναι να διερευνήσει την συσχέτιση ανάμεσα στο ταχυτητοδυναμικό προφίλ σε κατακόρυφο επίπεδο και στο ταχυτητοδυναμικό προφίλ σε οριζόντιο επίπεδο των κάτω άκρων σε αθλητές υψηλού και μετρίου επιπέδου.

Ειδικότερα, θα σας ζητηθεί να συμμετάσχετε σε πειραματική διαδικασία αξιολόγησης της επίδοσης – απόδοσης. Η διαδικασία θα περιλαμβάνει την αξιολόγηση της ταχυτητο – δυναμικής σχέσης κατά την μέγιστη επιτάχυνση σε δυο διαφορετικές κατευθύνσεις, το σπριντ 40 μέτρων και τα κατακόρυφα άλματα. Πριν την έναρξη των μετρήσεων θα υπάρξει μία συνεδρία εξοικείωσης με τις αξιολογήσεις.

Θα πρέπει να γνωρίζετε ότι τόσο κατά τη διάρκεια της συνεδρίας εξοικείωσης, όσο και κατά τις δοκιμασίες αξιολόγησης, δεν θα πρέπει να ασχολείστε με οποιαδήποτε άλλη αθλητική δραστηριότητα, καθώς επίσης και ότι θα απέχετε από οποιαδήποτε φαρμακευτική αγωγή.

Ενώ είναι ζωτικής σημασίας να συμπληρώσετε ολόκληρη την πειραματική διαδικασία, μπορείτε να σταματήσετε ή να αποσυρθείτε οποιαδήποτε στιγμή και για οποιονδήποτε λόγο. Παρ' όλο που δικαιούστε να αποχωρήσετε οποιαδήποτε στιγμή, θα εκτιμούσαμε απεριόριστα να συναινέσετε μόνο εάν έχετε υψηλή διάθεση συμμετοχής και περάτωσης της όλης δοκιμασίας.

Μη διστάσετε να κάνετε ερωτήσεις γύρω από την ερευνητική διαδικασία ή να διατυπώσετε προβληματισμούς και ενστάσεις αναφορικά με την εκτέλεση του πρωτοκόλλου. Αποδέκτες των ερωτημάτων αυτών είμαι εγώ και ο επιβλέπων της έρευνας Καθηγητής κ. Μπογδάνης Γρηγόριος. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι τα δεδομένα των μετρήσεων είναι άκρως εμπιστευτικά (σε περίπτωση δημοσιοποίησής τους, αυτή θα είναι ανώνυμη) και αποκλειστικά διαθέσιμα στα μέλη της ερευνητικής ομάδας, καθώς και εσάς τους ίδιους μετά το πέρας των μετρήσεων.

Σας ευχαριστώ θερμά,

*Συρόπουλος Αθανάσιος*

Προπτυχιακός φοιτητής Σ.Ε.Φ.Α.Α. Αθηνών

*Διάβασα το παρόν έντυπο και κατανόησα πλήρως τις διαδικασίες που πρόκειται να εκτελέσω. Συναινώ να συμμετάσχω αβίαστα στην ερευνητική διαδικασία και διατηρώ το δικαίωμα να σταματήσω ή να αποσυρθώ σύμφωνα με την προσωπική μου κρίση.*



---

*Υπογραφή Ερευνητή*

---

*Υπογραφή Δοκιμαζόμενου*