



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Επίδραση του τρόπου εκκίνησης της φόρας στα κινηματικά
χαρακτηριστικά της σε αθλητές υψηλού επιπέδου στο άλμα
τριπλούν»**

Μανέτα Μαρία

**Επιβλέπων Καθηγητής: Θεοδώρου Απόστολος
Επ.Καθηγητής Διδακτική και Προπονητική Αθλητικών Αλμάτων**

ΙΟΥΛΙΟΣ 2021

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

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΦΟΡΑΣ ΣΤΑ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΣΕ ΑΘΛΗΤΕΣ ΥΨΗΛΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΣΤΟ ΑΛΜΑ ΤΡΙΠΛΟΥΝ

Περίληψη

Σκοπός της παρούσης πτυχιακής εργασίας ήταν να διερευνηθεί η επίδραση του τρόπου εκκίνησης της φόρας (από στάση ή με προκαταρκτικούς διασκελισμούς) στα κινηματικά χαρακτηριστικά της σε αθλητές υψηλού επιπέδου στο άλμα τριπλούν. Για το σκοπό της μελέτης κατεγράφησαν 7 γυναίκες και 10 άντρες υψηλού επιπέδου που συμμετείχαν στον τελικό του άλματος τριπλούν, στο European Athletic Team Championship – 1st League που διεξήχθη στο Ηράκλειο Κρήτης το 2015. Επτά αθλητές και έξι αθλήτριες έκαναν εκκίνηση της φόρας από στάση και τρεις αθλητές και μία αθλήτρια με προκαταρκτικούς διασκελισμούς. Οι προσπάθειες κατεγράφησαν από δύο βιντεοκάμερες υψηλής συχνότητας καταγραφής (CASIO EX F1) που ήταν τοποθετημένες σε κερκίδα και σε απόσταση 15μ. από το διάδρομο φόρας, οι οποίες κατέγραφαν στα 300 καρέ/δευτερόλεπτο. Αναλύθηκαν συνολικά 57 προσπάθειες. Τα βίντεο ψηφιοποιήθηκαν με τη χρήση APAS 13.3.3 (Ariel Dynamics, ΗΠΑ) και KINOVEA (0.8.15). Τα αποτελέσματα των αναλύσεων έδειξαν πλεονέκτημα στην ανάπτυξη της ταχύτητας της φόρας που βασίζεται στο μήκος διασκελισμού και την αρχική επιτάχυνση για τους αθλητές/τριες που ξεκινούσαν τη φόρα τους με προκαταρκτικούς διασκελισμούς. Ωστόσο, ταυτόχρονα παρατηρήθηκε μειωμένη σταθερότητα στη φόρα, πρόβλημα που δύναται να ελαχιστοποιηθεί με τη χρήση σημείου ελέγχου.

Λέξεις κλειδιά: triple jump, stride length, stride frequency, run-up, velocity.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη	i
Πίνακας Περιεχομένων	ii
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ.5
1.1. Σκοπός της φόρας στο άλμα τριπλούν	σελ.6
1.2. Κινηματικά χαρακτηριστικά της φόρας	σελ.7
1.3. Χαρακτηριστικά της φόρας	σελ.8
1.3.1.1.1 Τρόποι εκκίνησης της φόρας	σελ.9
1.3.1.1.2 Ακρίβεια της φόρας	σελ.9
1.4. Σκοπός της εργασίας	σελ.10
III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	σελ.10
2.1. Συμμετέχοντες	σελ.10
2.2 Διαδικασίες	σελ.10
2.2.1 Ανάλυση δεδομένων	σελ.12
2.3 Εξαρτημένες μεταβλητές	σελ.13
2.4 Στατιστική ανάλυση	σελ.14
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	σελ.15
V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	σελ.18
VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	σελ.20
VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	σελ.21

1. Εισαγωγή.

Αποτελεί κοινό τόπο ότι το άλμα τριπλούν θεωρείται από τα πιο εντυπωσιακά αγωνίσματα της κόνιστρας, τόσο για την πολυπλοκότητα όσο και τη δυσκολία εκτέλεσής του. Οι αθλητές καλούνται να συνδυάσουν ταχύτητα, ρυθμό, αλτικότητα, εκρηκτικότητα και ισορροπία στο ίδιο άλμα αλλά σε διαφορετικές φάσεις (Βότσης, 2018). Οι τρεις επιμέρους φάσεις (άλματα) του άλματος τριπλούν ονομάζονται «κουτσό», «βήμα» και «άλμα». Η ποσοστιαία αναλογία κάθε φάσης σε σχέση με την συνολική απόσταση αποτελεί ένα μέτρο κατανομής της προσπάθειας και ένα κρίσιμο παράγοντα που επηρεάζει την απόδοση του άλματος τριπλούν. Για κάθε άλτη/τρια υπάρχει μία βέλτιστη αναλογία φάσης που αποδίδει τη μεγαλύτερη πραγματική απόσταση (Yu & Hay, 1996· Yu 1999) και καθορίζεται κυρίως από τον «συντελεστή μετατροπής ταχύτητας» που είναι η γραμμική σχέση μεταξύ της απώλειας στην οριζόντια ταχύτητα και του κέρδους στην κατακόρυφη ταχύτητα για τον δεδομένο αθλητή (Yu 1999).

1.1. Σκοπός της φόρας στο άλμα τριπλούν.

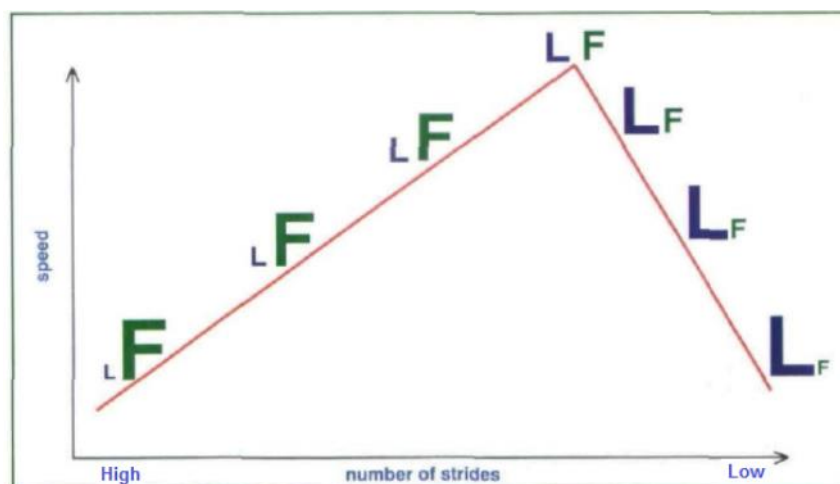
Αναμφίβολα, η προσέγγιση της βαλβίδας είναι μια διαδικασία ζωτικής σημασίας, για την εξέλιξη του άλματος. Σκοπός της φόρας, είναι να αναπτυχθεί η μέγιστη ελεγχόμενη ταχύτητα, η προετοιμασία για το «κουτσό» και να εισαχθεί ο άλτης με τον ευνοϊκότερο δυνατό τρόπο στη φάση της ώθησης, στη φάση της πτήσης και της προσγείωσης με τις μικρότερες δυνατές απώλειες (Φαφούτης & Ευθυμίου, 1994· Κέλλης, Κοντονάζος, Μάνου, Πυλιανίδης, Σαρασλανίδης & Σούλας, 2009). Στον τελικό του άλματος τριπλούν ανδρών κατά τη διάρκεια του Παγκόσμιου Πρωταθλήματος IAAF το 2009 οι γρηγορότεροι αθλητές κατάφεραν να προσεγγίσουν την βαλβίδα με ταχύτητες ~ 10,5 m/s (Hommel, 2009) και οι περισσότερες έρευνες δείχνουν οι άνδρες αθλητές τριπλούν αναπτύσσουν οριζόντια ταχύτητα μεταξύ 10,04 και 10,46 m/s (Bayraktar, 2017).

Οι φάσεις άλματος του τριπλούν επηρεάζονται σημαντικά από τις τιμές της οριζόντιας ταχύτητας και τις απώλειες αυτής στις διαδοχικές στηρίξεις/ωθήσεις (Niessen, Jürgens, Unger, Burgardt, & Hartmann, 2004· Panoutsakopoulos et al., 2016· Panoutsakopoulos & Kollias, 2008· Perttunen, Inen, Komi, & Heinonen, 2000· Yongkui Zhang, 2013 Fukushima, Iimoto, Kobayashi, & Miyashita, 1981· Liu, Mao, & Yu, 2015). Έχει προταθεί ότι η τεχνική που κυριαρχεί το «άλμα» επιτρέπει στους αθλητές να προσεγγίσουν την βαλβίδα

γρηγορότερα από ό, τι θα μπορούσαν με τις άλλες τεχνικές (Allen, King & Yeadon, 2016) Παρότι η οριζόντια ταχύτητα της φόρας εξηγεί το 94% της διακύμανσης της επίδοσης (Liu, Mao, & Yu, 2015) οι ταχύτητες προσέγγισης στο άλμα τριπλούν είναι μικρότερες από ότι στο άλμα σε μήκος (Hay & Miller, 1985· Nixdorf & Bruggeman, 1987· Susanka, Jurdik, Koukal, Kratky, & Velebil, 1987· Nixdorf & Bruggeman, 1990. Bruggeman, 1990) λόγω της ανάγκης εκτέλεσης τριών διαδοχικών απογειώσεων, με υψηλότερες απαιτήσεις συντονισμού και διατήρησης, εντός φυσιολογικών επιπέδων, των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα του αθλητή.

1.2 Κινηματικά χαρακτηριστικά της φόρας.

Ένας δρόμος ταχύτητας όπως είναι και η φόρα του άλτη, αποτελείται από επαναλαμβανόμενους κύκλους διασκελισμών. Η σχέση του μήκους διασκελισμού (ΜΔ) και της συχνότητας του διασκελισμού (ΣΔ) καθορίζει την ταχύτητα και ειδικότερα η ευνοϊκότερη σχέση μεταξύ αυτών καθορίζει τη μέγιστη ταχύτητα του Κέντρου Βάρους Σώματος (ΚΒΣ) (Κέλλης, Κοντονάζος, Μάνου, Πυλιανίδης, Σαρασλανίδης, & Σούλας, 2009). Η ευνοϊκότερη σχέση θα μπορούσε να περιλαμβάνει τη μεγιστοποίηση και των δυο παραμέτρων ΜΔ-ΣΔ. Παραδόξως όμως, καθώς ένας αθλητής πλησιάζει τη μέγιστη ταχύτητα, η αύξηση σε μία παράμετρο συνήθως συνοδεύεται από μια μείωση στην άλλη (Bosco, & Vittori, 1986). Η συχνότητα διασκελισμού εξαρτάται εξ' ολοκλήρου από τον αριθμό των διασκελισμών ανά δευτερόλεπτο, ενώ το μήκος διασκελισμού εξαρτάται από το χρόνο πτήσης. Οι δυο αυτές παράμετροι είναι εγγενώς διαφορετικές (Hunter, Marshall, & McNair, 2004).



Σχήμα 1: Σχέση μεταξύ συχνότητας και μήκους διασκελισμού (Donati 1995).

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται μια εικονική αναπαράσταση του βέλτιστου συνδυασμού της ΣΔ (F) και του ΜΔ (L). Σύμφωνα με τον Donati το 1995 ούτε η μεγιστοποίηση της ΣΔ ούτε του ΜΔ αποδίδουν τη μέγιστη ταχύτητα. Παρά τις αντικρουόμενες απόψεις ερευνητών, η πιο αποδεκτή θεωρία υπογραμμίζει ότι η πρωταρχική αύξηση του μήκος διασκελισμού είναι επιβεβλημένη για να επιτευχθεί η μέγιστη ταχύτητα, στοχεύοντας στην αύξηση της ταχύτητας σε υπομέγιστα επίπεδα. Ακολούθως, θα πρέπει να αυξηθεί η συχνότητα διασκελισμού για να προσεγγίσουν οι αθλητές έτσι τη μέγιστη ταχύτητά τους (Luhtanen and Komi, 1978; Weyand et al., 2000; Mero and Komi, 1986; Kuitunen et al., 2002). Ωστόσο, κάποιιοι αθλητές θα έχουν διαφορετικά τους καλύτερους συνδυασμούς ΣΔ και ΜΔ, κυρίως λόγω των ανατομικών τους διαφορών (Donati, 1995; Kunz & Kaufmann, 1981). Έτσι, η ακριβής χρονική στιγμή και το μέγεθος των προσαρμογών στη ΣΔ και ΜΔ θα διαφέρουν επίσης μεταξύ των αθλητών.

1.3 Χαρακτηριστικά της φόρας.

Κύρια χαρακτηριστικά στοιχεία, που επιβάλλεται να λαμβάνονται υπ' όψιν για την επιτυχημένη εκτέλεση της φάσης της φόρας είναι το μήκος φόρας, η εκκίνηση, η ταχύτητα, ο τρόπος ανάπτυξης της ταχύτητας, τα σημεία ελέγχου, σταθερότητα και η ακρίβεια της φόρας. Το ακριβές μήκος της φόρας καθορίζεται λαμβάνοντας υπόψη το επίπεδο του αθλητή, την ικανότητα επιτάχυνσης και τη συχνότητα των διασκελισμών της φόρας. Οι σημερινοί κορυφαίοι άλτες τριπλούν, των οποίων οι καλύτερες επιδόσεις στα εκατό μέτρα κυμαίνονται μεταξύ 10,4 m/s και 10,7 m/s, χρησιμοποιούν 42 έως 50 μέτρα φόρα η οποία αποτελείται από 19 έως 22 διασκελισμούς και 3 έως 4 προκαταρκτικά βήματα. Το μήκος της φόρας ποικίλει ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες (αέρας, βροχή, θερμοκρασία), το υλικό της επιφάνειας του σταδίου, τη φόρμα και τη συναισθηματική κατάσταση του αθλητή. Ο άνεμος, η κόπωση και προβλήματα ρυθμού συντομεύουν συνήθως τη φόρα σε μήκος κατά 30 έως 60 εκατοστά. Ένας ευνοϊκός άνεμος, η καλή κατάσταση του άλτη και μια «γρήγορη» επιφάνεια σταδίου μπορούν να προσθέσουν από 30 έως 60 εκατοστά στη φόρα. Για να επιτευχθεί σταθερότητα στη φόρα, απαιτείται ο αθλητής να κάνει προσαρμογές κατά τη διάρκεια του αγώνα όταν αλλάζουν οι συνθήκες και η συναισθηματική του κατάσταση. Έγκειται επομένως στην ικανότητά του να παρατηρεί έγκαιρα οποιεσδήποτε αλλαγές που μπορεί να προκύψουν και να έχει εμπιστοσύνη στη διατήρηση του ρυθμού για να πατήσει στη βαλβίδα.

1.3.1 Τρόποι εκκίνησης της φόρας

Η εκκίνηση της φόρας είναι θεμελιώδης σημασίας για την ακρίβεια και τη σταθερότητά της. Ο Martin (1974) σε ερευνά του κατέδειξε ότι υπάρχουν τουλάχιστον οκτώ τρόποι που μπορεί ένας άλλης οριζοντίων αλμάτων να εκκινήσει τη φόρα του. Ωστόσο, δύο από αυτούς τους τρόπους είναι εκείνοι που χρησιμοποιούν οι άλλτες πιο εκτεταμένα: α) από στάση, με τα πόδια παράλληλα ή με το ένα πόδι στο σημείο εκκίνησης και το άλλο πίσω και β) εκτελώντας διασκελισμούς με βάδισμα ή χαλαρό τρέξιμο (προκαταρκτικούς διασκελισμούς) πίσω από το σημείο εκκίνησης φτάνοντας σε αυτό, όπου και ξεκινά την κύρια επιτάχυνσή του. Οι κορυφαίοι άλλτες φαίνεται να χρησιμοποιούν πιο συχνά την εκκίνηση από στάση και ακολουθεί η εκκίνηση με προκαταρκτικούς διασκελισμούς (Linthorne, Baker, Douglas, Hill, & Webster, 2011). Είναι απαραίτητο η έναρξη της φόρας να είναι τυποποιημένη, επιτρέποντας μια ακριβή, χαλαρή επιτάχυνση. Όταν χρησιμοποιείται μια μόνιμη εκκίνηση, ο άλλτης πρέπει να ξεκινήσει με το ίδια κλίση σώματος, να περιορίσει το μήκος του πρώτου βήματος και να ξεκινήσει την κίνηση πέφτοντας προς τα εμπρός για να επιτύχει συνεχώς την ίδια ομαλή επιτάχυνση. Παρόμοιες αρχές ισχύουν για αθλητές που ξεκινούν με προκαταρκτικά βήματα (Kreyer, 1985).

1.3.2 Ακρίβεια της φόρας

Το ακριβές μήκος της φόρας καθορίζεται λαμβάνοντας υπόψη το επίπεδο του αθλητή, την ικανότητα επιτάχυνσης και τη συχνότητα των διασκελισμών της φόρας. Μόλις βασικά καθιερωθεί, το μήκος της φόρας ποικίλει αφού διάφοροι παράγοντες δύναται να το τροποποιήσουν κατά 0,30-0,60 εκατοστά. Κυριότερος παράγοντας αποτελεί η εκκίνηση της φόρας και ακολουθεί η αφομοίωση του σωστού τρόπου ανάπτυξης της ταχύτητας, η σταθερότητα του μήκους διασκελισμού και ο ρυθμός καθ' όλη τη διάρκεια της φόρας (Hay, & Koh, 1988). Για να επιτευχθεί σταθερότητα στη φόρα, απαιτείται ο αθλητής να κάνει προσαρμογές κατά τη διάρκεια του αγώνα όταν αλλάζουν οι συνθήκες καθώς και η συναισθηματική κατάσταση του αθλητή. Ο αντίθετος άνεμος, η βροχή, η χαμηλή θερμοκρασία, το μαλακό υλικό της επιφάνειας του σταδίου, η φόρμα, τα προβλήματα

ρυθμού, η κόπωση και η κακή ψυχολογική κατάσταση του άλτη συντομεύουν συνήθως τη φόρα κατά 30 έως 60 εκατοστά. Ένας ευνοϊκός άνεμος, ζεστός καιρός, μια σκληρή επιφάνεια σταδίου, κορυφαία φόρμα και καλή φυσική και ψυχολογική κατάσταση μπορούν να προσθέσουν 30 έως 60 εκατοστά στη φόρα. Η ικανότητα του άλτη, λοιπόν, να διορθώνει μικρές παρεκκλίσεις προς την τελική προσέγγιση της βαλβίδας είναι πολύ σημαντική για αυτό και κορυφαίοι άλτες ξεκινούν τη στρατηγική οπτικού ελέγχου στους πέντε περίπου διασκελισμούς πριν τη βαλβίδα και είναι σε θέση να πραγματοποιήσουν προσαρμογές στους διασκελισμούς τους, με μια μικρή απώλεια οριζόντιας ταχύτητας. Πολλοί άλτες χρησιμοποιούν ένα σημάδι επιλογής (σημείο ελέγχου) στους 4-6 διασκελισμούς πριν τη βαλβίδα ως αντικειμενική ένδειξη απόδοσης και ρυθμού έτσι ώστε ο προπονητής να μπορεί να παρακολουθεί λάθη στην πρώτη φάση της φόρας. Όταν ο αθλητής πατήσει ακριβώς στη βαλβίδα αλλά ήταν ελαφρώς πίσω από το σημείο ελέγχου, τα τελευταία βήματα προφανώς απλώθηκαν και απαιτείται μια πιο ενεργητική έναρξη ή συντόμευση της φόρας. Από την άλλη, εάν ο αθλητής πατήσει ακριβώς στη βαλβίδα αλλά ήταν ελαφρώς μπροστά από το σημείο ελέγχου, η έλλειψη αρχικής ταχύτητας τον ανάγκασε να επιταχύνει στα τελευταία βήματα της φόρας και είναι σκόπιμο να αυξηθεί ελαφρώς η φόρα (Linthorne, et. all 2011· Kreyer, 1985).

1.4 Σκοπός της εργασίας

Ερευνητική προσέγγιση του Hay (1986) σε 816 άλματα σε άντρες και γυναίκες άλτες σε αγώνες εθνικού και διεθνούς επιπέδου έδειξε μια σημαντική συσχέτιση ($r = 0.459$), ανάμεσα στον τρόπο εκκίνησης που χρησιμοποιήθηκε και την ακρίβεια της φόρας (Martin 1974). Παρά τη σημαντική επίδραση ωστόσο, του τρόπου εκκίνησης στον ρυθμό ανάπτυξης της ταχύτητας και στην ακρίβεια της φόρας, δεν καταδεικνύεται καμία έρευνα που να έχει διερευνήσει το συγκεκριμένο θέμα σε ό,τι αφορά την επίδραση στα κινηματικά χαρακτηριστικά της. Παρόλο που υπάρχουν ατομικές διαφοροποιήσεις συνήθως, οι σπρίντερ σε υπομέγιστη ταχύτητα αυξάνουν τόσο το μήκος όσο και τη συχνότητα του διασκελισμού. Στη συνέχεια, για την επίτευξη της μέγιστης ταχύτητας, βασίζονται κατά κύριο λόγο στην αύξηση της συχνότητας του διασκελισμού (Kuitunen et al., 2002· Luhtanen & Komi, 1978· Mero & Komi, 1985· Weyand et al., 2000). Πρόσφατα ευρήματα των Χατζηγηγοριάδη & Θεοδώρου (2017) έδειξαν ότι στην αρχική φάση της φόρας οι αθλητές του μήκους

επιτυγχάνουν το $95 \pm 6\%$ του μέσου μήκους διασκελισμού και το $87 \pm 4\%$ της μέσης συχνότητας κάτι που αντιστοιχεί στο $83 \pm 6\%$ της τελικής ταχύτητας διασκελισμού. Σκοπός της παρούσης πτυχιακής εργασίας είναι να ερευνήσει την επίδραση του τρόπου εκκίνησης (από στάση ή με προκαταρκτικούς διασκελισμούς) στα κινηματικά χαρακτηριστικά της φόρας στο άλμα τριπλούν σε άλτες και άλτριες υψηλού επιπέδου.

2. Μεθοδολογία

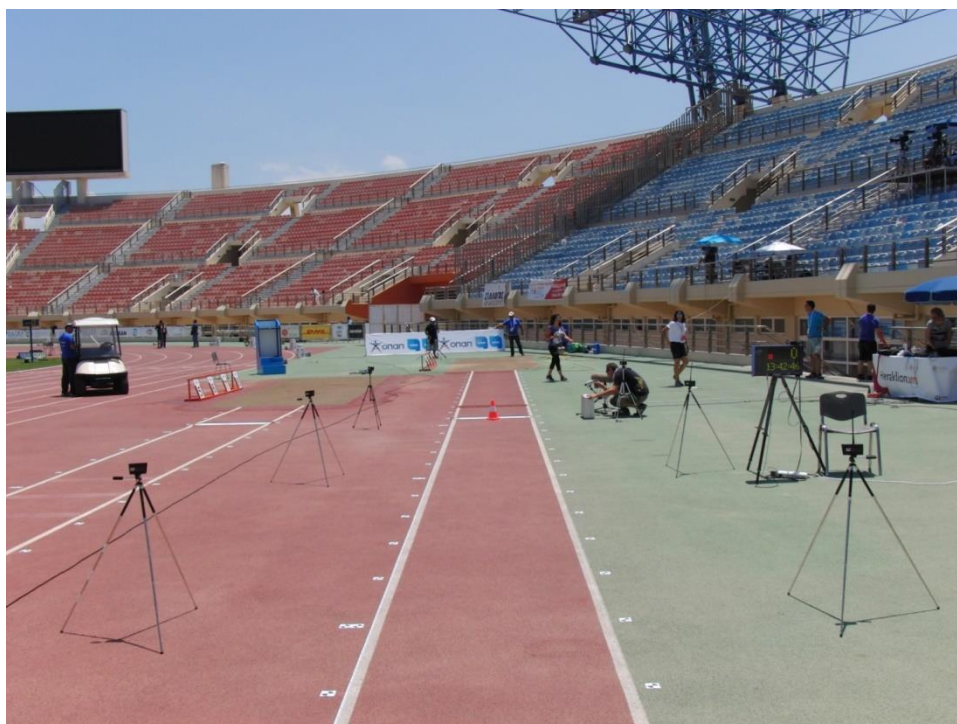
2.1 Συμμετέχοντες

Για την παρούσα πτυχιακή εργασία κατεγράφησαν 7 γυναίκες και 10 άντρες αθλητές υψηλού επιπέδου που συμμετείχαν στον τελικό του άλματος τριπλούν, στο European Athletic Team Championship – 1st League που διεξήχθη στο Ηράκλειο Κρήτης το 2015.

2.2 Διαδικασίες

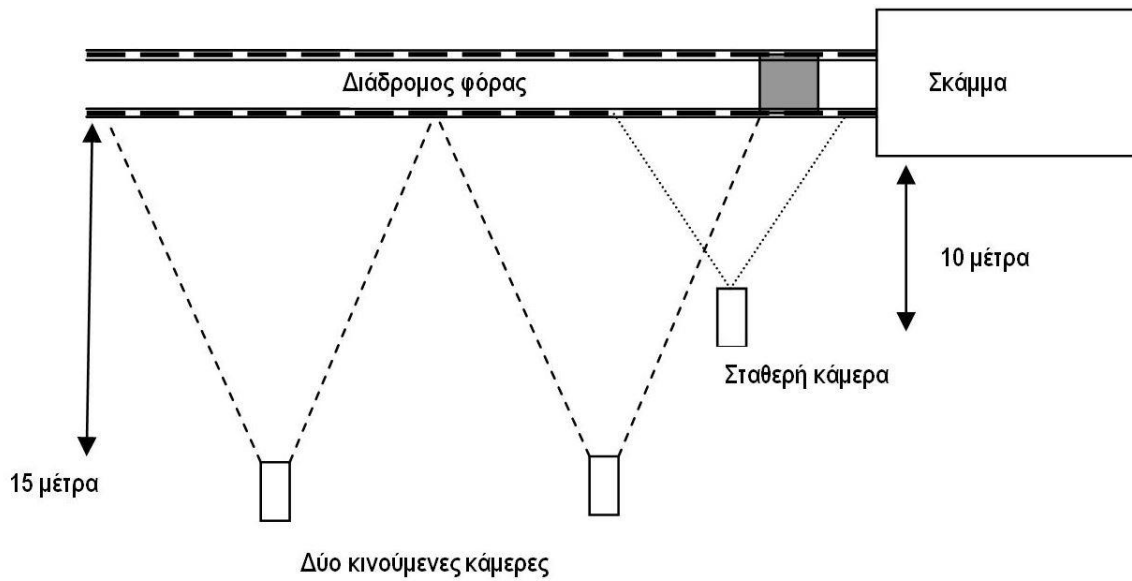
2.2.1 Συλλογή δεδομένων

Οι επιδόσεις των αθλητών καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια της διοργάνωσης σε αγωνιστικές συνθήκες. Τοποθετήθηκαν λευκοί δείχτες σε διάστημα 1μ. παράλληλα με τις γραμμές του διαδρόμου φόρας του άλματος τριπλούν (εικόνα 1).



Εικόνα 1. Τοποθέτηση σημαδιών στον διάδρομο των αλμάτων

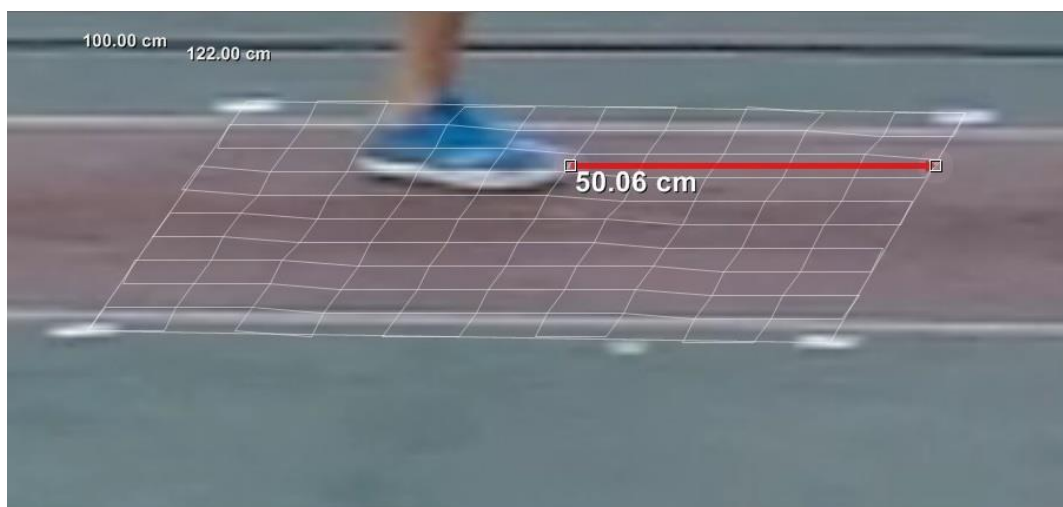
Η προσπάθεια του κάθε άλτη/τριας στη φάση φόρας του άλματος καταγράφηκε από δύο βιντεοκάμερες υψηλής συχνότητας καταγραφής (CASIO EX F1) που ήταν τοποθετημένες σε κερκίδα και σε απόσταση 15μ. από το διάδρομο φόρας, οι οποίες κατέγραφαν στα 300 καρέ/δευτερόλεπτο (σχήμα 3). Επτά αθλητές, έξι αθλήτριες έκαναν εκκίνηση της φόρας από στάση και τρεις αθλητές, μία αθλήτρια με προκαταρκτικούς διασκελισμούς. Κάθε αθλητής/τρια πραγματοποίησε 3 προσπάθειες με εξαίρεση τους 3 πρώτους αθλητές που πραγματοποίησαν 4. Αναλύθηκαν συνολικά 57 προσπάθειες.



Σχήμα 3. Σχηματική απεικόνιση του χώρου μέτρησης

2.2.2 Ανάλυση δεδομένων

Τα βίντεο ψηφιοποιήθηκαν με τη χρήση APAS 13.3.3 (Ariel Dynamics, ΗΠΑ) και KINOVEA (0.8.15). Η ανάλυση έγινε στα καρτέ που περιέχουν τη στιγμή έναρξης της στήριξης και τη στιγμή ολοκλήρωσης της στήριξης του ποδιού στο έδαφος, σε κάθε βήμα (εικόνα 2).



Εικόνα 2. Υπολογισμός του μήκους διασκελισμού

Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε σε όλες τις προσπάθειες του κάθε άλτη/τρια, από τον πρώτο διασκελισμό της φόρας μέχρι και τον τελευταίο. Η μέθοδος προτάθηκε από τον Chow (1987) και προσαρμόστηκε από τους Hay & Koh (1988).

2.3 Εξαρτημένες μεταβλητές

Οι εξαρτημένες μεταβλητές που μετρήθηκαν ήταν οι ακόλουθες:

1. Η μέση ταχύτητα (V) κάθε βήματος (MTB) σύμφωνα με τον τύπο, $V = d/t$ όπου d είναι το μήκος (m) του βήματος και t είναι ο χρόνος (sec) που ξεκινά από την τελευταία χρονική στιγμή της επαφής του ποδιού με το έδαφος, μέχρι την τελευταία χρονική στιγμή της επαφής του αντίθετου ποδιού με το έδαφος. Για τον υπολογισμό του χρόνου μετρήθηκε ο αριθμός των καρτέ. Καθώς η συχνότητα λήψης της κάμερας ήταν 300 καρτέ/δευτερόλεπτο, ένα (1) καρτέ αντιστοιχούσε σε 0,0033 δευτερόλεπτα.
2. Η συχνότητα του βήματος (F) υπολογίστηκε σύμφωνα με τον τύπο, $F=1/ (Ct +At)$, όπου Ct είναι ο χρόνος στήριξης στο έδαφος (sec), που ξεκινά από την πρώτη χρονική στιγμή της επαφής του ποδιού με το έδαφος, μέχρι την τελευταία χρονική στιγμή της επαφής του αντίθετου ποδιού με το έδαφος και At είναι ο χρόνος πτήσης (sec), δηλαδή ο χρόνος ανάμεσα στην τελευταία επαφή με το έδαφος του ενός ποδιού και στην έναρξη της επαφής του αντίθετου ποδιού με το έδαφος
3. Η επιτάχυνση από την έναρξη της φόρας μέχρι την επίτευξη της μέγιστης μέσης ταχύτητας βήματος της φόρας σύμφωνα με τον τύπο, $a = v/t$, όπου v είναι η μέγιστη μέσης ταχύτητας βήματος (m/s) και t ο αντίστοιχος χρόνος (sec) που μεσολάβησε από την έναρξη της φόρας μέχρι την επίτευξη της.
4. Το συνολικό μήκος φόρας (m) από το σημείο έναρξης της φόρας μέχρι την τελευταία στήριξη πριν την απογείωση
5. Η χρονική διάρκεια της φόρας (sec), από την τελευταία χρονική στιγμή της επαφής του ποδιού με το έδαφος στην έναρξη της φόρας, μέχρι την τελευταία χρονική στιγμή της επαφής του ποδιού με το έδαφος πριν την απογείωση.

2.4 Στατιστική ανάλυση

Χρησιμοποιήθηκαν περιγραφικά στατιστικά για τον υπολογισμό των μέσων όρων και τυπικών αποκλίσεων για το μήκος της φόρας, τη χρονική διάρκεια της φόρας, το μήκος βήματος, τη συχνότητα βήματος και τη μέση ταχύτητα βήματος. Συγκεκριμένα έγιναν οι παρακάτω υπολογισμοί και στους 2 τρόπους εκκίνησης (στάση και προκαταρκτικοί διασκελισμοί):

1. Η μέγιστη τιμή της μέσης ταχύτητας βήματος (V_{max})
2. Η επιτάχυνση από την έναρξη της φόρας μέχρι την επίτευξη της μέγιστης μέσης ταχύτητας βήματος της φόρας (a_{max})
3. Το βήμα επίτευξης της μέγιστης μέσης ταχύτητας βήματος σε απόλυτη τιμή και ως ποσοστό επί του συνολικού αριθμού βημάτων της φόρας ($SV_{max} - \%SV_{max}$)
4. Η μέση ταχύτητα του πρώτου βήματος της φόρας ως ποσοστό επί της μέγιστης μέσης ταχύτητας βήματος της φόρας ($\%VS1$)
5. Ο χρόνος που μεσολάβησε μέχρι την επίτευξη της μέγιστης μέσης ταχύτητας βήματος (TV_{max})
6. Ο χρόνος που μεσολάβησε μέχρι την επίτευξη της μέγιστης μέσης ταχύτητας βήματος ως ποσοστό επί της συνολικής χρονικής διάρκειας της φόρας ($\%TV_{max}$)
7. Η μέγιστη τιμή του μήκους βήματος της φόρας (L_{max})
8. Το μήκος του πρώτου βήματος της φόρας ως ποσοστό επί του μέγιστου μήκους βήματος της φόρας ($\%L1$)
9. Το βήμα επίτευξης του μέγιστου μήκους βήματος της φόρας σε απόλυτη τιμή και ως ποσοστό επί του συνολικού αριθμού βημάτων της φόρας ($SL_{max} - \%SL_{max}$)
10. Ο χρόνος που μεσολάβησε μέχρι την επίτευξη του μέγιστου μήκους βήματος της φόρας (TSL_{max})
11. Ο χρόνος που μεσολάβησε μέχρι την επίτευξη του μέγιστου μήκους βήματος της φόρας ως ποσοστό επί της συνολικής χρονικής διάρκειας της φόρας ($\%TS_{max}$)
12. Η μέγιστη τιμή της συχνότητας του βήματος της φόρας (F_{max})
13. Η συχνότητα του πρώτου βήματος της φόρας ως ποσοστό επί της μέγιστης τιμής συχνότητας της φόρας ($\%FS1$)
14. Το βήμα επίτευξης επί της μέγιστης τιμής συχνότητας της φόρας σε απόλυτη τιμή και ως ποσοστό επί του συνολικού αριθμού βημάτων της φόρας ($SF_{max} - \%SF_{max}$)

15. Ο χρόνος που μεσολάβησε μέχρι την επίτευξη της μέγιστης τιμής συχνότητας της φόρας (TFmax)
16. Ο χρόνος που μεσολάβησε μέχρι την επίτευξη της μέγιστης τιμής συχνότητας της φόρας ως ποσοστό επί της συνολικής χρονικής διάρκειας της φόρας (%TFmax)
17. Η τυπική απόκλιση (μεταβλητότητα) του πρώτου βήματος της φόρας (SD1st)
18. Η τυπική απόκλιση (μεταβλητότητα) του δεύτερου βήματος της φόρας (SD2nd)
19. Το άθροισμα της τυπικής απόκλισης (μεταβλητότητας) του πρώτου και δεύτερου βήματος της φόρας (SD1-2).

3. Αποτελέσματα

Εκκίνηση με προκαταρκτικούς διασκελισμούς έκαναν 3 άνδρες και 1 γυναίκα και από στάση ξεκινούσαν 7 άνδρες και 6 γυναίκες

Στους κάτωθι πίνακες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα στα κινηματικά χαρακτηριστικά της φόρας και με τους δύο τρόπους εκκίνησης (στάση, προκαταρκτικοί διασκελισμοί).

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά της φόρας (μήκος, διασκελισμοί, διάρκεια) των αθλητών/τριών, ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση αυτών.

Αθλητής	Φύλο	Μήκος Φόρας (m)	Διασκελισμοί	Διάρκεια Φόρας (sec)
Αθλήτρια 1	Γυναίκα	28,28	15	3,89
Αθλήτρια 2	Γυναίκα	33,79	16	4,57
Αθλήτρια 3	Γυναίκα	27,63	15	3,94
Αθλήτρια 4	Γυναίκα	36,77	18	4,88
Αθλήτρια 5	Γυναίκα	25,74	13	3,60
Αθλήτρια 6	Γυναίκα	36,64	20	4,73
Αθλήτρια 7	Γυναίκα	34,73	16	4,11
Μέσος όρος ± ΤΑ		31,94 ± 4,60	16,14 ± 2,26	4,25 ± 0,48
Αθλητής 1	Άνδρας	48,68	20	5,73
Αθλητής 2	Άνδρας	39,63	19	5,02
Αθλητής 3	Άνδρας	44,51	20	5,19

Αθλητής 4	Άνδρας	37,98	16	4,91
Αθλητής 5	Άνδρας	39,16	18	4,81
Αθλητής 6	Άνδρας	37,84	17	4,53
Αθλητής 7	Άνδρας	38,50	18	4,63
Αθλητής 8	Άνδρας	32,11	15	3,87
Αθλητής 9	Άνδρας	37,37	16	4,44
Αθλητής 10	Άνδρας	40,90	18	4,49
Μέσος όρος ± ΤΑ		39,67 ± 4,20	17,70 ± 1,61	4,76 ± 0,49

Πίνακας 2. Οι μέσες τιμές των κινηματικών χαρακτηριστικών της φόρας για τους δύο τρόπους εκκίνησης (στάση, προκαταρκτικοί διασκελισμοί).

Παράμετροι	Στάση	Προκαταρκτικοί διασκελισμοί
% VS1	51,88±3,99	69,50±7,01
%FS1	73,95±8,01	82,53±9,02
%L1	66,13±3,45	78,96±13,25
Amax	2,25±0,20	2,92±0,59
SD1st	4,42±2,23	6,98±1,40
SD2nd	4,15±2,56	6,72±3,72
SD1-2	7,56±4,07	10,58±4,56
Vmax	3,04±0,69	3,88±1,93
SVmax – %SVmax	82,27±2,51	75,23±12,13
Fmax	3,38±0,55	3,25±1,26
SFmax- %SFmax	79,39±3,37	77,94±3,94
Lmax	6,35±3,20	8,00±2,45
SLmax- %SLmax	65,54±17,39	51,51±12,53
TVmax	4,16±0,53	3,51±0,64
% TVmax	89,43±2,36	82,58±11,37
TFmax	4,04±0,52	3,63±0,30
% TFmax	86,86±2,68	86,63±5,23
TSLmax	3,28±0,60	2,48±0,43

%TSmax	72,21±12,81	60,65±11,69
--------	-------------	-------------

4. Συζήτηση

Τα ευρήματα της έρευνας έδειξαν διαφορές μεταξύ των δύο τρόπων εκκίνησης. Σχεδόν το 70% της μέγιστης ταχύτητας επιτεύχθηκε στον 1^ο διασκελισμό όταν η εκκίνηση έγινε με προκαταρκτικούς διασκελισμούς και μόλις το 50% όταν έγινε από στάση. Αυτό αντικατοπτρίζει ότι οι προκαταρκτικοί διασκελισμοί συνέβαλαν κατά 20% να επιτευχθεί η μέγιστη ταχύτητα γρηγορότερα, από τον 1^ο μόλις διασκελισμό. Οι αθλητές/τριες, που ξεκινούσαν από στάση έφταναν στη μέγιστη ταχύτητά τους αφού έχει ολοκληρωθεί το 82,27% του συνολικού μήκους της φόρας. Το αντίστοιχο ποσοστό για την εκκίνηση με προκαταρκτικούς διασκελισμούς ήταν 75,23%. Οι τελευταίοι, δηλαδή σημείωσαν τη μέγιστη ταχύτητα διασκελισμού τους 7,05% πιο μακριά από την βαλβίδα σε σχέση με τους αθλητές/τριες που ξεκινούσαν από στάση. Γνωρίζοντας ότι κορυφαίοι άλτες προτιμούν ένα γρήγορο ξεκίνημα (3/4 του μέγιστου) ακολουθούμενο από την επίτευξη και τη διατήρηση σχεδόν της μέγιστης ταχύτητας στα μεσαία στάδια της φόρας (Kreyer, 1985), η διαφορά περίπου στο 7% υποδηλώνει ότι οι αθλητές που εκκινούν με προκαταρκτικούς διασκελισμούς ικανοποιούν ευκολότερα τον τρόπο ανάπτυξης της ταχύτητας που υποστηρίζει ο Kreyer. Ένας ακόμα παράγοντας που διερευνήθηκε ήταν ο χρόνος που μεσολάβησε μέχρι να επιτευχθεί η μέγιστη ταχύτητα διασκελισμού, ως ποσοστό επί της συνολικής διάρκειας της φόρας. Αυτό διέφερε 6,85% για τους δυο τρόπους εκκίνησης: οι αθλητές/τριες που ξεκινούσαν τη φόρα τους από στάση έφταναν τη μέγιστη ταχύτητα διασκελισμού τους στο 89,43% του συνολικού χρόνου. Το αντίστοιχο ποσοστό για όσους συμπεριελάμβαναν στη φόρα τους προκαταρκτικούς διασκελισμούς ήταν 82,58% γεγονός που υποδηλώνει ότι οι τελευταίοι πετύχαιναν νωρίτερα την ταχύτητα τους και τη διατηρούσαν ως το τέλος της φόρας δίνοντάς τους έτσι την δυνατότητα να επικεντρωθούν στην τεχνική προσέγγιση στην βαλβίδα.

Το μήκος των διασκελισμών και η ταχύτητα των κινήσεων είναι υπεύθυνα για τη σταδιακά αυξανόμενη ταχύτητα φόρας και καθορίζουν το ρυθμό προσέγγισης (Kreyer, 1985). Με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης, οι αθλητές των οποίων η φόρα ξεκινούσε με προκαταρκτικούς διασκελισμούς έφταναν πιο γρήγορα στη φόρα τους στο μέγιστο μήκος διασκελισμού από

όσους ξεκινούσαν από στάση. Η μεγιστοποίηση του μήκους του διασκελισμού από την αρχή της φόρας συμβάλει στην ανάπτυξη της ταχύτητας σε υπομέγιστα επίπεδα γεγονός που θεωρείται επιβεβλημένο προκειμένου να συμβεί μεγιστοποίηση της ταχύτητας (Luhtanen & Comi 1978· Weyand et al, 2000· Mero & Comi, 1986· Kuitunen et al, 2002). Σχεδόν το 80% του μέγιστου μήκους διασκελισμού επιτεύχθηκε ήδη από τον 1^ο διασκελισμό, όταν η φόρα εμπειρείχε προκαταρκτικούς διασκελισμούς και σχεδόν το 65% όταν ήταν από στάση γεγονός που καταδεικνύει ότι οι αθλητές που εκκινούν από στάση βασίζονται λιγότερο στο μήκος διασκελισμού ως προς την ανάπτυξη της ταχύτητας. Ακόμα, οι αθλητές που εκκινούσαν από στάση έφταναν στο μέγιστο μήκος του διασκελισμού τους πιο κοντά στην βαλβίδα (στο 65,54% της φόρας) σε σχέση με αυτούς που ξεκινούσαν με προκαταρκτικούς διασκελισμούς (στο 51,51% της φόρας). Ως προς το ποσοστό του συνολικού χρόνου της φόρας, όπου επιτεύχθηκε το μέγιστο μήκος διασκελισμού, αυτό συνέβη στο 72,21% της διάρκειας αυτής για τους αθλητές που εκκινούσαν από στάση και στο 60,65% για εκείνους που εκκινούσαν με προκαταρκτικούς διασκελισμούς.

Η ταχύτητα της φόρας συσχετίζεται άμεσα με το μήκος και τη συχνότητα διασκελισμού. Οι αθλητές που εμπειρείχαν στη φόρα τους προκαταρκτικούς διασκελισμούς πέτυχαν το 82,53% της μέγιστης συχνότητας της φόρας στον 1^ο διασκελισμό ενώ όσοι ξεκίνησαν από στάση ανέπτυξαν το 73,95% της μέγιστης τους συχνότητας στο διασκελισμό αυτό. Το ποσοστό επί της συνολικής έκτασης της φόρας στο οποίο κορυφώνεται η συχνότητα του διασκελισμού, φτάνει τα 79,39% για εκείνους που ξεκινούν τη φόρα τους από στάση και 77,94% για εκείνους που εκκινούν με προκαταρκτικούς διασκελισμούς. Κατά τη διερεύνηση του χρόνου δεν παρατηρήθηκαν μεγάλες ποσοστιαίες διαφορές. Το ποσοστό, επί του συνολικού χρόνου που διήρκησε η φόρα, στο οποίο πραγματοποιήθηκε η μέγιστη συχνότητα διασκελισμού ήταν 86,86% για την εκκίνηση από στάση και στο 86,63% για την εκκίνηση προκαταρκτικούς διασκελισμούς, διαφορά δηλαδή 0,23%.

Ο βαθμός μεταβλητότητας των πρώτων διασκελισμών αντικατοπτρίζει τη σταθερότητα της φόρας. Η μεταβλητότητα του 1^{ου} διασκελισμού για τους αθλητές που είχαν πραγματοποιήσει προκαταρκτικούς διασκελισμούς ήταν 6,98 εκατοστά σε σχέση με την εκκίνηση από στάση που ήταν 4,42 εκατοστά. Τα αποτελέσματα για το 2^ο διασκελισμό ήταν παρόμοια, με την διαφορά για τους δυο τρόπους εκκίνησης να ανέρχεται στα 2,57 εκατοστά πιο σταθερό διασκελισμό για εκείνους που ξεκινούσαν τη φόρα τους από στάση. Το σύνολο της μεταβλητότητας ήταν 10,58 εκατοστά με την φόρα να περιλαμβάνει προκαταρκτικούς διασκελισμούς και 7,56 εκατοστά χωρίς να περιλαμβάνει. Ο μεγάλος βαθμός

μεταβλητότητας επιβεβαιώνει ότι τα 4-5 προκαταρκτικά δρομικά βήματα δεν εξασφαλίζουν ακριβές πάτημα στο σημείο εκκινήσεως και πιθανώς να έχουν αντίκτυπο στην ακρίβεια της φόρας. Για αυτό, το σημείο ελέγχου και η ικανότητα του άλτη να διορθώνει μικρές παρεκκλίσεις προς την τελική προσέγγιση της βαλβίδας είναι ιδιαίτερα σημαντική όταν επιλέγεται η φόρα που περιλαμβάνει προκαταρκτικούς διασκελισμούς.

Συνοψίζοντας, αυτό που συμπεραίνεται από τα αποτελέσματα της μελέτης είναι ότι ο τρόπος ανάπτυξης της ταχύτητας στη φόρα διαφέρει για τους αθλητές/τριες που ξεκινούσαν τη φόρα τους με προκαταρκτικούς διασκελισμούς και από στάση. Οι δεύτεροι, ξεκινώντας από στάση δε διαθέτουν αρχική ταχύτητα την οποία αρχίζουν να αναπτύσσουν από τους πρώτους διασκελισμούς και τη μεγιστοποιούν λίγο πριν το τέλος της φόρας. Ο βαθμός μεταβλητότητας των πρώτων διασκελισμών είναι φανερά μικρότερος από εκείνους που ξεκινούν με προκαταρκτικούς διασκελισμούς με φυσικό επακόλουθο μια πιο σταθερή φόρα. Αυτός ο τρόπος μοιάζει με ομαλά επιταχυνόμενο. Οι πρώτοι, βασίζονται περισσότερο στο μήκος διασκελισμού τους για την ανάπτυξη της ταχύτητας τους, όπου εκεί παρατηρούνται μεγάλες ποσοστιαίες διαφορές πάνω από 11% για τους δύο τρόπους εκκίνησης. Το μήκος διασκελισμού εξαρτάται από το μέγεθος των δυνάμεων που εφαρμόζονται σε κάθε διασκελισμό. Οι δυνάμεις αυτές καθορίζονται από τη δύναμη του άλτη, την ικανότητα του να παράγει ισχύ και την ευκινησία των αρθρώσεων. Έτσι, οι άλτες/τριες που ξεκινούν τη φόρα τους με προκαταρκτικούς διασκελισμούς (δηλαδή με αρχική επιτάχυνση), μπορούν να παράγουν μεγαλύτερη δύναμη από όσους εκκινούν από στάση (δηλαδή χωρίς αρχική επιτάχυνση), (Χατζηγηρηγοριάδης & Θεοδώρου, 2017). Θα πρέπει όμως να ληφθεί υπόψη ότι, όταν το μήκος των τελευταίων διασκελισμών αυξάνεται υπέρμετρα συχνά οδηγεί σε παθητική απογείωση (Kreyer, 1985). Επίσης αυτό που παρατηρείται από τα δεδομένα της ερευνητικής μελέτης είναι ότι παρότι οι αθλητές/τριες που ξεκινούν με προκαταρκτικούς διασκελισμούς φτάνουν κοντά στη μέγιστη συχνότητα στον 1^ο διασκελισμό της φόρας, διατηρούν τη συχνότητα αυτή και τη μεγιστοποιούν σχεδόν ταυτόχρονα χωρικά και χρονικά με τους αθλητές που ξεκινούν τη φόρα τους από στάση. Πιθανώς, το γρήγορο ξεκίνημα με την συμβολή στο μήκος διασκελισμού και αρχική υψηλή συχνότητα, η οποία διατηρείται και μεγιστοποιείται πριν οι αθλητές/τριες εισαχθούν στο τρίτο – τελευταίο κομμάτι της φόρας τους βοηθά να επικεντρώνονται αποκλειστικά στην ανάπτυξη της απαιτούμενης για την φάση της ώθησης συχνότητα. Ο Kreyer (1995) υποστήριξε ότι μια ξαφνική αλλαγή προς τη μέγιστη συχνότητα διασκελισμού μειώνει το πλάτος της κίνησης και οδηγεί σε βιαστική απογείωση λάθος που αποφεύγεται όταν συμβαίνουν προκαταρκτικοί διασκελισμοί όπου και

η συχνότητα φτάνει από την αρχή κοντά στα μέγιστα επίπεδα. Σε ό,τι αφορά την επίλυση του προβλήματος που δημιουργεί η μεταβλητότητα των πρώτων διασκελισμών στη σταθερότητα της φόρας, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στο σημείο ελέγχου και την αντίληψη του άλτη με σκοπό να διορθώνει μικρές παρεκκλίσεις που προκύπτουν.

6. Συμπεράσματα

Ανακεφαλαιωτικά, ο τρόπος ανάπτυξης της ταχύτητας της φόρας ήταν διαφορετικός στους αθλητές/τριες που συμπεριελάμβαναν στη φόρα τους προκαταρκτικούς διασκελισμούς και σε εκείνους που εκκινούσαν από στάση. Η διαφορά υφίστανται κατά κύριο λόγο στο χρονικό σημείο μεγιστοποίησης της ταχύτητας. Οι αθλητές/τριες που διαθέτουν αρχική επιτάχυνση λόγω των προκαταρκτικών βημάτων μεγιστοποιούν την ταχύτητά τους νωρίτερα από εκείνους που ξεκινούν από στάση διατηρώντας με αυτό τον τρόπο το πλεονέκτημα της επικέντρωσης στην τεχνική του άλματος, στα τελευταία στάδια της φόρας. Προτείνεται, ο προπονητής να εντατικοποιήσει τις προπονήσεις που συμβάλλουν στη σταθερότητα της φόρας προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι όποιες ανακρίβειες προκύπτουν στο τελικό πάτημα λόγω των προκαταρκτικών διασκελισμών.

Βιβλιογραφία

- Bayraktar, I. (2017, June). Relationships between horizontal velocity variables and jump performance in the triple jump. *Science, Movement and Health, Vol. XVII, 17 (2)*, 96-102.
- Bosco, C., & Vittori, C. (1986). Biomechanical characteristics of sprint running during maximal and supra-maximal speed. *New Studies in Athletics, 1*, 39-45.
- Chow, J. W. (1987). Maximum speed of female high school runners. *International Journal of Sport Biomechanics, 3*, 110-127. doi: 10.1123/ijsb.3.2.110
- Donati, A. (1995). The development of stride length and stride frequency in sprinting. *New Studies in Athletics, 10(1)*, 51-66.
- Eissa, A. (2014). Biomechanical evaluation of the phases of the triple jump take-off in a top female athlete. *Journal of Human Kinetics, 40(1)*, pp. 29-35. doi:10.2478/hukin-2014-0004
- Fukashiro, S., Iimoto, Y., Kobayashi, H., & Miyashita, M. (1981). A biomechanical study of the triple jump. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 13(4)*, pp. 233-237.
- Hay, J. G., & Koh, T. J. (1988). Evaluating the approach in the horizontal jumps. *International Journal of Sport Biomechanics, 4*, 372-392.
- Hay, J., & Miller, J. (1985). Techniques Used in the Triple jump. *International journal of sport biomechanics, 1*, pp. 185-196.
- Hay, J.G. (1993). Citius, altius, longius (faster, higher, longer). The biomechanics of jumping for distance. *Journal of Biomechanics, 26(Suppl. 1)*, 7-21.
- Hommel, H. (2009, August 15–23). Biomechanical analyses of selected events at the 12th IAAF World Championships in Athletics. *Deutscher Leichtathletik-Verband*, pp. 1-17.
- Hunter, J. P., Marshall, R. N., & McNair, P. J. (2004). Interaction of step length and step rate during sprint running. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 36(2)*, 261-71. doi: 10.1249/01.MSS.0000113664.15777.53
- Kreyer, V. (1985). The run-up and the take-off in triple jumping. *Modern Athlete and Coach 23*, 17–19.
- Kuitunen, S., Komi, P.V., & Kyröläinen, H. (2002). *Knee and ankle joint stiffness in sprint running. Medicine and Science in Sports and Exercise, 34(1)*, 166-73.
- Kunz, H., & Kaufmann, D. (1981). Biomechanical analysis of sprinting: decathletes versus champions. *British Journal of Sports Medicine, 15(3)*, pp. 177-181.
- Linthorne, N.P., Baker, C., Douglas, M.M., Hill, G.A., & Webster, R.G. (2011). Take-off forces and impulses in the long jump. *Portuguese Journal of Sport Sciences, 11 (Suppl. 3)*, 33-36.

- Liu, H., Mao, D., & Yu, B. (2015, December). Effect of approach run velocity on the optimal performance of the triple jump. *Journal of Sport and Health Science*, 4(4), pp. 347-352.
- Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1978). Mechanical factors influencing running speed. In E. Asmussen and K. Jørgensen (Eds). *Biomechanics VI-B, International Series on Biomechanics, vol 2B*, pp. 23-29.
- Mero, A., & Komi, P. V. (1985). Effect of supramaximal velocity on biomechanical variables in sprinting. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1, 240-252.
- Niessen, M., Jürgens A. , Unger J., Burgardt K. , Hartmann U. (2004). Time management and velocity profiles in elite triple jumping. Paper presented at the ECSS Congress. Clermont Ferrand, France.
- Panoutsakopoulos , V., Theodorou, A., Katsavelis, D., Roxanas, P., Paradisis, G., & Argeitaki, P. (2016). Gender differences in triple jump phase ratios and arm swing motion of international level athletes. *Acta Gymnica*, 46(4), pp. 174-183(10).
- Panoutsakopoulos, V., & Kollias, I. (2008). Essential parameters in female triple jump technique. *New Studies in Athletics*, 23:4, pp. 53-61.
- Perttunen, J., Inen, H., Komi, P., & Heinonen, A. (2000). Biomechanical loading in the triple jump. *Journal of Sports Sciences*, 18(5), pp. 363-370.
- Susanka, P., Jurdik, M., Koukal, J., Kratky, P. and Velebil, V. (1987). Biomechanical analysis of the triple jump. In IAAF, II WC Rome: Scientific Report. London: IAAF.
- Weyand, P. G., Sternlight, D. B., Bellizzi, M. J., & Wright, S. (2000). Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. *Journal of Applied Physiology*, 89(5), 1991-1999.
- Yu, B. (1999). Horizontal-to-vertical velocity conversion in the triple jump. *Journal of Sports Sciences*, pp. 221-229.
- Yu, B., & Hay, J. (1996, October). Optimum phase ratio in the triple jump. *Journal of Biomechanics*, 29(10), pp. 1283-1289.
- Allen, S., King, M., & Yeadon, F. (2016, July 18-20). The effect of altering strength and approach velocity on triple jump performance. 34th International Conference of Biomechanics in Sport, pp. 462-465.
- Αθανασίου Μ., Ι. Γ. (2004). Τεχνικά χαρακτηριστικά του άλματος τριπλούν σε αγόρια και κορίτσια 16 – 17 ετών. Φυσική Αγωγή - Αθλητισμός - Υγεία(16-17), σσ. 103-108.
- Βότσης Π. (2018). Ανάπτυξη φωτογραμμετρικής μεθόδου για την κινηματική ανάλυση του άλματος τριπλούν. (πτυχιακή εργασία). ΤΕΦΑΑ-ΕΚΠΑ, ΑΘΗΝΑ, ΕΛΛΑΔΑ.

Κέλλης Σ., Κοντονάσιος Γ., Μάνου Β., Πυλιανίδης Θ., Σαρασλανίδης Π., & Σούλας Δ.
(2009). Κλασικός Αθλητισμός στην εκπαίδευση και τον αθλητισμό. Αθήνα: Εκδόσεις
ΣΑΛΤΟ.