



Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό
τόμος 7 (3) 333-343
Δημοσιεύτηκε: 31 Δεκεμβρίου 2009



Inquiries in Sport & Physical Education
Volume 7 (3) 333-343
Released: December 31, 2009

www.hape.gr/emag.asp

ISSN 1790-3041

Βιοκινητική Ανάλυση και Αξιολόγηση των Στοιχείων Τεχνικής των Τελευταίων Διασκελισμών, του Πατήματος και της Απογείωσης Εφήβων Αθλητών και Αθλητριών του Άλματος σε Μήκος

Βασίλειος Πανουτσακόπουλος, Γεώργιος Παπαιακώβου, & Ηρακλής Α. Κόλλιας
Εργαστήριο Βιοκινητικής, ΤΕΦΑΑ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να παρουσιάσει τα κινηματικά χαρακτηριστικά των τελευταίων διασκελισμών, του πατήματος και της απογείωσης εφήβων αθλητών και αθλητριών του άλματος σε μήκος. Μία ψηφιακή JVC GR-DVL 9600EG βιντεοκάμερα (συχνότητα δειγματοληψίας: 100πεδία/sec) χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή των τελευταίων δύο διασκελισμών, του πατήματος και της απογείωσης των συμμετεχόντων στον τελικό του άλματος σε μήκος του Πανελληνίου Πρωταθλήματος Εφήβων-Νεανίδων του 2008. Τα κινηματικά χαρακτηριστικά εξήχθησαν με 2D-DLT ανάλυση, ενώ τα στοιχεία τεχνικής αξιολογήθηκαν χρησιμοποιώντας το Φυλλάδιο Αξιολόγησης Τεχνικής του Tidow (1989). Η σύγκριση μεταξύ των Εφήβων και των Νεανίδων αναφορικά με τις κινηματικές παραμέτρους του άλματος πραγματοποιήθηκε με τον παραμετρικό έλεγχο Student's T-Test για ανεξάρτητα δείγματα και με μέθοδο ανάλυσης παραγόντων Principal Components Analysis με περιστροφή Varimax (Πανουτσακόπουλος και συν., 2007). Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι οι άλτες εκτέλεσαν το άλμα με στατιστικά σημαντικά ($p < .05$) υψηλότερες τιμές στις παραμέτρους που καθορίζουν την τροχιά του Κέντρου Μάζας Σώματος κατά την πτήση (γωνία απογείωσης, ταχύτητα απογείωσης και ύψος απογείωσης) σε σχέση με τις άλτριες. Από την επεξεργασία των κινηματικών παραμέτρων με τη μέθοδο ανάλυσης παραγόντων φάνηκε ότι οι εξεταζόμενες άλτριες υστέρησαν κυρίως στις τιμές των παραμέτρων που σχετίζονται με τον κατακόρυφο άξονα (π.χ. κατακόρυφη ταχύτητα απογείωσης). Επίσης, οι Νεάνιδες παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά ($p < .05$) περισσότερα λάθη στα κριτήρια τεχνικής που αξιολογήθηκαν. Συμπερασματικά, η εκτέλεση του άλματος σε μήκος από εφήβους άλτες και άλτριες υπολείπεται ποσοτικά και ποιοτικά συγκριτικά με ενήλικες αθλητές και αθλήτριες. Κατά συνέπεια, προτείνεται η βελτίωση της τεχνικής τους ανάλογα με το βαθμό ανάπτυξης των ικανοτήτων φυσικής κατάστασης.

Λέξεις κλειδιά: 2D-DLT ανάλυση, ανάλυση παραγόντων, αξιολόγηση τεχνικής, αναπτυξιακές ηλικίες, νεαροί αθλητές, διαφορές φύλου.

A Biomechanical Analysis and Assessment of the Technique Elements of the Last Strides, the Touchdown and the Takeoff of Junior Male and Female Long Jumpers

Vassilios Panoutsakopoulos, Georgios Papaiakovou, & Iraklis A. Kollias
Biomechanics Laboratory, Department of Physical Education and Sports Sciences, Aristotle University of Thessaloniki, Hellas

Abstract

The purpose of the present study was to present the kinematic characteristics of the last strides, the touchdown and the take-off of junior male and female long jumpers. A digital JVC GR-DVL 9600EG video camera (sampling frequency: 100fields/sec) was used to capture the last two strides of the approach, the touchdown and the take-off of the participants in the finals of the long jump competitions in the Greek National Junior Championships. Kinematic characteristics were obtained utilizing a 2D-DLT analysis, while the technique elements were evaluated according to the Model Technique Analysis Sheet proposed by Tidow (1989). The comparison of the kinematic parameters between male and female jumpers was conducted using independent samples Student's T-

Test and a Principal Components Analysis with Varimax rotation (Panoutsakopoulos et al., 2007) factor analysis method. Results indicated that the male jumpers, when compared to the female jumpers, performed the long jump with statistical significant ($p < .05$) larger values in parameters that define the trajectory of the Body Center of Mass during the flight (angle of projection, takeoff velocity, takeoff height). The process of the kinematic data utilizing the factor analysis method revealed that the female athletes were inferior regarding the values of the parameters related to the vertical axis (i.e. vertical take-off velocity). Additionally, female jumpers performed the jump with statistical significant ($p < .05$) enhanced number of errors regarding the technique elements which were evaluated. In conclusion, the long jump performed by junior male and female athletes was quantitative and qualitative inferior when compared to adult jumpers. Therefore, technique improvement must be in accordance with the development of the parameters of sporting conditioning.

Key words: 2D-DLT analysis, factor analysis, technique assessment, developmental age, youth athletes, gender differences.

Εισαγωγή

Ως σημαντικά στοιχεία τεχνικής για την εκτέλεση του άλματος σε μήκος έχουν χαρακτηριστεί η ακρίβεια της φόρας (Hay, 1988), η δρομική τεχνική των τελευταίων διασκελισμών της φόρας (Lees, Fowler, & Derby, 1993), ο ρόλος της ελαστικής ενέργειας κατά το πάτημα και την απογείωση στο βατήρα απογείωσης (Arampatzis & Brüggemann, 1999; Hay, Thorson, & Kirpenhan, 1999; Muraki, Ae, Yokozawa, & Koyama, 2005), η δημιουργία και ο έλεγχος της στροφορμής κατά την απογείωση (Bedi & Cooper, 1977; Herzog, 1986), καθώς και η τεχνική της προσγείωσης (Hay, 1986).

Παρότι το κυριότερο στοιχείο του άλματος σε μήκος αποτελεί η απογείωση, οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της παραμένουν εκτός ερευνητικού ενδιαφέροντος (Hay, 1993). Κυρίαρχη πηγή πληροφορίας αναφορικά με την εφαρμογή της τεχνικής του άλματος σε μήκος αποτελούν οι βιοκινητικές αναλύσεις, συχνά υπό μορφή ερευνητικών αναφορών (reports) από τη διεξαγωγή του αγώνισματος του άλματος σε μήκος σε σημαντικές διεθνείς διοργανώσεις κλασικού αθλητισμού. Με τον τρόπο αυτό, είναι διαθέσιμα δεδομένα για τις κινηματικές παραμέτρους του άλματος σε μήκος από Ολυμπιακούς Αγώνες (Hay & Miller, 1985; Nixdorf & Brüggemann, 1990), Παγκόσμια Πρωταθλήματα (Fukashiro et al., 1994; Müller & Brüggemann, 1997; Koyama, Muraki, Takamoto, & Ae, 2008), Παγκόσμιους Φοιτητικούς Αγώνες (Lees et al., 1993; Lees, Graham-Smith, & Fowler, 1994) και το Ευρωπαϊκό Κύπελλο (Panoutsakopoulos & Kollias, 2007; Panoutsakopoulos, Papaiakou, Katsikas, & Kollias, 2010).

Παρά το γεγονός ότι αρκετές μελέτες αναφέρονται στα κινηματικά χαρακτηριστικά της φόρας και της φάσης απογείωσης ανδρών και γυναικών με σημαντικές επιδόσεις σε μεγάλους αγώνες, ελάχιστες μελέτες εξετάζουν τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά νεαρών αθλητών και αθλητριών (Κουτσιώρας, Τσιμέας, & Τσιόκανος, 2008). Η συχνότερα εξεταζόμενη ηλικιακή ομάδα νεαρών αθλητών του

άλματος σε μήκος είναι αυτή των Εφήβων - Νεανίδων, καθώς, για παράδειγμα, είναι διαθέσιμες πληροφορίες αναφορικά με τις τιμές των κινηματικών παραμέτρων για τους τρεις πρώτους άλτες του Παγκόσμιου Πρωταθλήματος Εφήβων-Νεανίδων του 1986 (Brüggemann & Conrad, 1986). Οι κορυφαιοί έφηβοι άλτες φαίνεται πως κατέχουν τα τεχνικά στοιχεία του άλματος σε ικανοποιητικό βαθμό (Omura, Iiboshi, Koyama, Muraki, & Ae, 2005). Ακόμα, έχει φανεί πως υπάρχει έμφυτη η ικανότητα για μια ικανοποιητική εκτέλεση της τεχνικής του άλματος σε μήκος (Miladinov, 2006). Παρόλα αυτά, έχουν παρατηρηθεί διαφορές στη διαμόρφωση της ακολουθίας των διασκελισμών της φόρας μεταξύ νεαρών-αρχάριων αλτών και κορυφαιών αλτών, γεγονός που διαφοροποιεί τη συνάφεια των κινηματικών παραμέτρων με την επίδοση ανάμεσα στις δύο ομάδες (Berg & Greer, 1995).

Οι κινηματικές παράμετροι νεαρών (14-18 ετών) Ελλήνων αλτών έχουν εξετασθεί, όπου έχει επίσης διαπιστωθεί η ύπαρξη ικανοποιητικού επιπέδου σε κρίσιμα στοιχεία τεχνικής (Παπαϊακώβου, Κατσαβέλης, Καστρινάκης, Πανουτσακόπουλος, & Κόλλιας, 2002). Αντίθετα, δεν αξιολογήθηκε ως ικανοποιητική η γωνία απογείωσής τους, παρατήρηση που αποδόθηκε στη μειωμένη κατακόρυφη ώθηση (Κουτσιώρας, Τσαόπουλος, & Τσιόκανος, 2002).

Καθώς η βιβλιογραφία κρίνεται ελλιπή ως προς τις έρευνες που αναφέρονται σε τεχνικά χαρακτηριστικά αθλητών του άλματος σε μήκος της αναπτυξιακής φάσης (Κουτσιώρας και συν., 2008), σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνήσει τα κινηματικά χαρακτηριστικά των τελευταίων διασκελισμών, του πατήματος και της απογείωσης εφήβων αλτών και αλτριών και να εντοπίσει τις διαφοροποιήσεις σε σχέση με το φύλο.

Μέθοδος και Διαδικασία

Εξεταζόμενοι

Για τους σκοπούς της έρευνας εξετάστηκαν έντεκα άλτες (17.5 ± 1.0 ετών, μέση ηλικία \pm τυπική απόκλιση, αντίστοιχα) και δώδεκα άλτριες ($17.0 \pm$

1.0 ετών) των τελικών του αγωνίσματος του άλματος σε μήκος του Πανελληνίου Πρωταθλήματος Εφήβων-Νεανίδων του 2008 (Εθνικό Στάδιο Κατερίνης, 22 Ιουνίου 2008).

Όργανα και Διαδικασία Μέτρησης

Για την καταγραφή των τελευταίων δύο διασκελισμών, το πατήματος και της απογείωσης των εξεταζόμενων αλτών και αλτριών, χρησιμοποιήθηκε μία ψηφιακή JVC GR-DVL-9600EG βιντεοκάμερα (Victor Company, Japan), με συχνότητα δειγματοληψίας 100πεδίων/sec. Η κάμερα ήταν τοποθετημένη σε σταθερό τρίποδα, σε ύψος 1.2m από το έδαφος και σε απόσταση 20m από την άκρη του διαδρόμου φόρας του άλματος σε μήκος. Ο οπτικός άξονας του φακού της κάμερας ήταν κάθετος στο επίπεδο της κίνησης των εξεταζόμενων. Η διαβάθμιση του χώρου για την πραγματοποίηση της 2D-DLT κινηματικής ανάλυσης πραγματοποιήθηκε με την τοποθέτηση πλαισίου διαβάθμισης διαστάσεων 2.5m × 2.5m, με 16 σημεία αναφοράς (Κόλλιας, 1997α). Ο Χ άξονας αντιπροσώπευε την κατεύθυνση του άλματος κατά μήκος του διαδρόμου φόρας, ενώ ο Υ άξονας ήταν κατακόρυφος και κάθετος στον Χ άξονα. Κατεγράφησαν όλες οι προσπάθειες των εξεταζόμενων, αλλά μόνο η καλύτερη (ως προς την επίσημη επίδοση) έγκυρη προσπάθεια επιλέχθηκε για περαιτέρω ανάλυση. Για την αξιολόγηση των στοιχείων της τεχνικής που εφαρμόσαν οι εξεταζόμενοι, χρησιμοποιήθηκε το Φυλλάδιο Αξιολόγησης Τεχνικής Άλματος σε Μήκος του Tidow (1989), το οποίο συμπληρώθηκε έπειτα από την αναπαραγωγή της καταγεγραμμένης προσπάθειας του κάθε εξεταζόμενου.

Ανάλυση Δεδομένων

Για την κινηματική ανάλυση των αλμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα εξής σημεία του σώματος: δάκτυλα ποδιών, μετατάρσια, πτέρνες, σφυροί, γόνατα, ισχία, ώμοι, αγκώνες, καρποί, μετακάρπια, βάση του αυχένα και κορυφή κεφαλιού. Οι συντεταγμένες του Κέντρου Μάζας του Σώματος (ΚΜΣ) υπολογίστηκαν για το κάθε πεδίο με τη μέθοδο των μελών, χρησιμοποιώντας τα μηχανικά χαρακτηριστικά της μάζας των μελών του σώματος σύμφωνα με τους Dempster (1955), Whitsett (1963) και Clauser, McConville και Young (1969). Το σφάλμα της ψηφιοποίησης υπολογίστηκε με τη μέθοδο της τετραγωνικής ρίζας των μέσων διαφορών (RMS) των δεδομένων, έπειτα και από την εκ νέου ψηφιοποίηση του 5% των πεδίων που αναλύθηκαν. Διαπιστώθηκε ότι το σφάλμα της ψηφιοποίησης ήταν 0.5cm για τον Χ άξονα και 0.9cm για τον Υ άξονα. Για την εξομάλυνση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ψηφιακό φίλτρο με συχνότητα αποκοπής 6Hz, αξιολογώντας το θόρυβο που υπολογίστηκε σύμφωνα με τη μέθοδο του αθροίσματος των δια-

φορών (Winter, 1990). Η ψηφιοποίηση, η εξομάλυνση και η εξαγωγή των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του λογισμικού APAS-XP (Ariel Dynamics Inc., Trabuco Canyon, CA).

Βάσει των συντεταγμένων των σημείων που ψηφιοποιήθηκαν και με τη χρήση βασικών εξισώσεων της κινηματικής και της γεωμετρίας, υπολογίστηκαν το μήκος διασκελισμού (οριζόντια απόσταση μεταξύ των δακτύλων των ποδιών μεταξύ δύο διαδοχικών στηρίξεων), το ύψος του ΚΜΣ από το έδαφος, η απόσταση προσγείωσης (οριζόντια απόσταση της κατακόρυφης προβολής του ΚΜΣ ως το σημείο τοποθέτησης), η απόσταση απογείωσης (οριζόντια απόσταση της προβολής του ΚΜΣ ως τα δάκτυλα του ποδιού κατά την απόθεση) και η γωνία της άρθρωσης του γόνατος. Οι συνιστώσες της ταχύτητας του ΚΜΣ εξήχθησαν ως η πρώτη χρονοπαράγωγος της μετατόπισης του ΚΜΣ ανά άξονα και για τις χρονικές στιγμές της προσγείωσης και της απογείωσης των εξεταζόμενων διασκελισμών και κατά την απογείωση για το άλμα. Το «ενεργητικό πάτημα» ελέγχθηκε ως η διαφορά μεταξύ της οριζόντιας ταχύτητας του πέλματος με την οριζόντια ταχύτητα του ΚΜΣ κατά την τοποθέτηση στο βατήρα απογείωσης (Koh & Hay, 1990). Η γωνία απογείωσης ορίστηκε ως η τιμή της τοξοφαπτομένης του λόγου της κατακόρυφης προς την οριζόντια ταχύτητα απογείωσης του ΚΜΣ (Hay, 1985).

Στατιστική Ανάλυση

Η σύγκριση των κινηματικών παραμέτρων του άλματος μεταξύ των Εφήβων αλτών και των Νεανίδων αλτριών με πραγματοποιήθηκε με τον παραμετρικό έλεγχο Student's T-Test για ανεξάρτητα δείγματα. Η μελέτη της επίδρασης της κάθε κινηματικής παραμέτρου στην επίδοση πραγματοποιήθηκε με γραμμική συσχέτιση κατά Pearson για το σύνολο των εξεταζόμενων, χωρίς διάκριση με βάση το φύλο. Η αναζήτηση διαφορών μεταξύ των δύο φύλων ως προς το βαθμό συμμετοχής της κάθε κινηματικής παραμέτρου στην επίδοση διερευνήθηκε με τη μέθοδο ανάλυσης παραγόντων Principal Components Analysis με περιστροφή Varimax (Πανουτοσακόπουλος, Ταμπάκης, Παπαϊακώβου, & Κόλλιας, 2007). Διαφορές σε επίπεδο .05 θεωρήθηκαν στατιστικά σημαντικές. Όλες οι στατιστικές δοκιμασίες διεξήχθησαν με το λογισμικό SPSS 10.0 (SPSS Inc., Chicago, IL).

Αποτελέσματα

Επίσημη Επίδοση

Το εύρος της επίσημης επίδοσης (OFD) για τους Έφηβους άλτες ήταν 7.14m – 6.38m, ενώ για τις Νεανίδες άλτριες ήταν 5.93m – 5.03m (Πίνακας 1). Σημειώνεται ότι κατά τον τελικό των Νεανίδων

Πίνακας 1: Μέσες τιμές (MT), τυπικές αποκλίσεις (TA), στατιστικός δείκτης (t) και επίπεδο σημαντικότητας (p) της διαφοράς μεταξύ των αλτών και των αλτριών για την επίσημη επίδοση (OFD) και την ταχύτητα του ανέμου (W).

Παράμετρος	Έφηβοι		Νεάνιδες		t	p
	MT	TA	MT	TA		
OFD (m)	6.70	0.27	5.51	0.25	10.918	<.001*
W (m/sec)	+1.33	0.29	+2.00	0.26	5.402	<.001*

* $p < .05$

έπνεε ισχυρότερος σε σχέση με τους Εφήβους ευνοϊκός άνεμος, όπου σε τρεις περιπτώσεις ήταν υψηλότερος από το καθορισμένο όριο των 2m/sec για την αναγνώριση της επίδοσης.

Παράμετροι των Δύο Τελευταίων Διασκελισμών Φόρας

Μόνο δύο άλτες και δύο άλτριες δεν υιοθέτησαν την τεχνική «μεγαλύτερος προτελευταίος – μικρότερος τελευταίος διασκελισμός». Στις περιπτώσεις αυτές, ο τελευταίος διασκελισμός ήταν μεγαλύτερος έως και 6cm από τον προτελευταίο. Παρατηρήθηκαν και πέντε περιπτώσεις αλτών και αλτριών με υπέρμετρη μείωση του τελευταίου διασκελισμού (>40cm, βλ. Καντζίδης & Παπαϊακώβου, 2006). Γενικά, η μείωση του μήκους διασκελισμού ήταν μεγαλύτερη στους άλτες σε σχέση με τις άλτριες (Πίνακας 2), χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά ($p > .05$).

Η υιοθέτηση της τεχνικής «μεγαλύτερος προτελευταίος – μικρότερος τελευταίος διασκελισμός» οδήγησε σε σχεδόν ισόποση μέση μείωση του ύψους του ΚΜΣ κατά 4-5cm μεταξύ αλτών και αλτριών ($p > .05$). Αναφορικά με τη διαμόρφωση της οριζόντιας ταχύτητας του ΚΜΣ, διαπιστώθηκε ότι οι

άλτες εμφάνισαν υψηλότερες τιμές ($p < .05$). Ωστόσο, το 75% των αλτριών εμφάνισε μεγαλύτερη οριζόντια ταχύτητα του ΚΜΣ στον τελευταίο διασκελισμό σε σχέση με τον προτελευταίο. Αντίθετα, οι άλτες, με την εξαίρεση ενός, παρουσίασαν απώλεια ταχύτητας στον τελευταίο διασκελισμό.

Πάτημα-Απογείωση

Από την ανάλυση των δεδομένων υπάρχουν ενδείξεις ότι η τοποθέτηση του ποδιού ώθησης στο βατήρα απογείωσης συντελέστηκε με «κοντράρισμα» (αυξημένες τιμές της σχετικής ταχύτητας του πέλματος, βλ. Koh & Hay, 1990). Το «κοντράρισμα» πραγματοποιήθηκε κυρίως από τους άλτες, καθώς ο λόγος της γραμμικής ταχύτητας τοποθέτησης του πέλματος ως προς την οριζόντια ταχύτητα του ΚΜΣ ήταν 0.35 (0.51 αντίστοιχα στις άλτριες, $p < .05$). Η μέση απώλεια απόστασης στο βατήρα απογείωσης ήταν 11cm, τόσο στους Έφηβους, όσο και στις Νεάνιδες (Πίνακας 3).

Οι Έφηβοι είχαν στατιστικά σημαντικά ($p < .05$) υψηλότερες τιμές στις παραμέτρους που καθορίζουν την τροχιά του ΚΜΣ κατά την πτήση (γωνία απογείωσης, ταχύτητα απογείωσης και ύψος απο-

Πίνακας 2: Μέσες τιμές (MT), τυπικές αποκλίσεις (TA), στατιστικός δείκτης (t) και επίπεδο σημαντικότητας (p) της διαφοράς μεταξύ των αλτών και των αλτριών για το μήκος διασκελισμού (S), το ύψους (H) και την οριζόντια ταχύτητα απογείωσης (Vx) του ΚΜΣ, καθώς και η μεταβολή (Δ) των τιμών των παραμέτρων ανάμεσα στον προτελευταίο (2L) και τελευταίο (1L) διασκελισμό της φόρας.

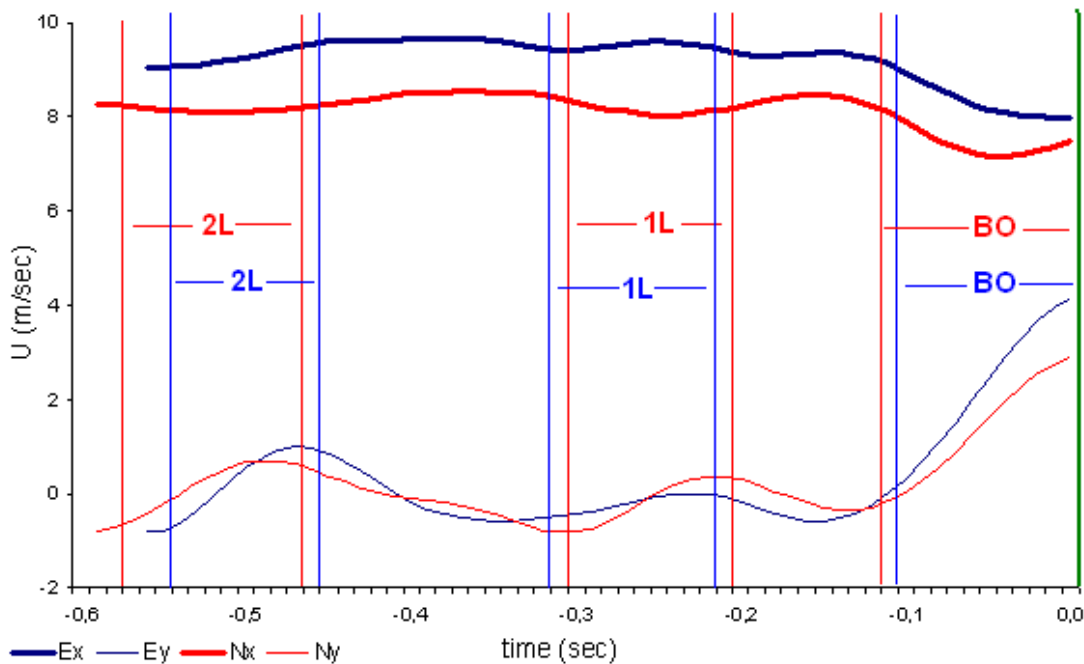
Παράμετρος	Έφηβοι		Νεάνιδες		t	p
	MT	TA	MT	TA		
S2L (m)	2.29	0.18	2.11	0.22	2.101	.048*
S1L (m)	2.02	0.15	1.94	0.13	1.422	.170
ΔS (m)	-0.27	0.23	-0.17	0.19	1.065	.299
H2L (m)	1.02	0.04	0.96	0.03	3.544	.002*
H1L (m)	0.97	0.05	0.92	0.03	2.690	.014*
ΔH (m)	-0.05	0.03	-0.04	0.03	1.047	.307
Vx2L (m/sec)	9.45	0.38	8.19	0.19	10.224	<.001*
Vx1L (m/sec)	9.07	0.41	8.22	0.14	12.231	<.001*
ΔVx (m/sec)	-0.38	0.30	0.03	0.11	12.301	<.001*

* $p < .05$

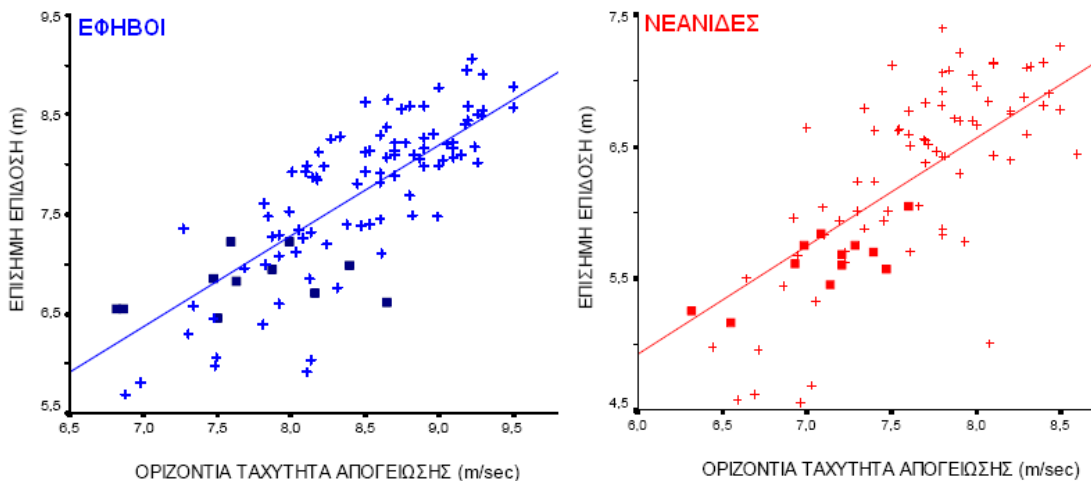
Πίνακας 3: Μέσες τιμές (MT), τυπικές αποκλίσεις (TA), στατιστικός δείκτης (t) και επίπεδο σημαντικότητας (p) της διαφοράς μεταξύ των αλτών και των αλτριών για τις τιμές των παραμέτρων τη στιγμή της τοποθέτησης (TD) και τη στιγμή της απογείωσης (TO) από το βατήρα απογείωσης (BO), όπου **TTB:** απώλεια απόστασης στην τοποθέτηση, **STD:** απόσταση προσγείωσης, **U_ΔTD:** σχετική ταχύτητα πέλματος στην τοποθέτηση, **V_x:** οριζόντια ταχύτητα ΚΜΣ, **V_y:** κατακόρυφη ταχύτητα ΚΜΣ, **Δ:** μεταβολή τιμών παραμέτρων, **AngPr:** γωνία απογείωσης του ΚΜΣ, **H:** ύψος ΚΜΣ, **EFD:** απόσταση απογείωσης και **θ_{KNEE}:** ελάχιστη γωνία γόνατος του ποδιού ώθησης.

Παράμετρος	Εφηβοί		Νεάνιδες		t	p
	MT	TA	MT	TA		
TTB (m)	-0.11	0.06	-0.11	0.05	0.061	.952
STD (m)	0.60	0.08	0.56	0.04	1.602	.124
U _Δ TD (m/sec)	-6.66	1.04	-5.47	0.96	2.846	.010*
V _x TD (m/sec)	8.83	0.38	8.03	0.14	6.599	<.001*
V _x TO (m/sec)	7.72	0.57	7.10	0.37	3.137	.005*
ΔV _x BO (m/sec)	-1.11	0.32	-0.93	0.34	1.286	.213
V _y TD (m/sec)	0.34	0.43	-0.11	0.25	3.092	.006*
V _y TO (m/sec)	3.05	0.26	2.51	0.32	4.387	<.001*
ΔV _y BO (m/sec)	2.71	0.46	2.62	0.36	0.538	.596
AngPr (°)	21.6	2.6	19.5	2.3	2.144	.044*
HTD (m)	0.96	0.05	0.89	0.03	3.937	.001*
HTO (m)	1.22	0.05	1.10	0.03	7.008	<.001*
ΔH (m)	0.26	0.04	0.21	0.01	4.849	<.001*
EFD (m)	0.37	0.06	0.35	0.06	1.106	.281
θ _{KNEE} (°)	145.7	6.1	144.6	3.9	0.499	.623

* p<.05



Σχήμα 1: Η μεταβολή της οριζόντιας (X) και της κατακόρυφης (Y) ταχύτητας του ΚΜΣ στον χρόνο (0.0sec=απογείωση) για τον πρωταθλητή Εφηβο (—) και την πρωταθλήτρια Νεάνιδα (—) κατά τον προτελευταίο (2L) και τον τελευταίο (1L) διασκελισμό, καθώς και κατά τη φάση πατήματος-απογείωσης στο βατήρα απογείωσης (BO).



Σχήμα 2: Σχέση της οριζόντιας ταχύτητας απογείωσης και της επίσημης επίδοσης για τους εξεταζόμενους Έφηβους (■) και Νεάνιδες (■). Παράθεση με άλτες (+) και άλτριες (+) από βάση δεδομένων (βλ. Πανουτσακόπουλος και συν., 2007).

γείωσης) σε σχέση με τις Νεάνιδες. Αναφορικά με τις μεταβολές των τιμών των παραμέτρων από τη στιγμή της τοποθέτησης του πέλματος στο βατήρα απογείωσης ως τη στιγμή της απογείωσης, η σχετική μείωση της οριζόντιας ταχύτητας απογείωσης (12.6% για τους άλτες και 11.6% για τις άλτριες) δε διέφερε στατιστικά σημαντικά ανάμεσα στις δύο ομάδες των εξεταζόμενων ($p > .05$). Το ίδιο παρατηρήθηκε και για τη μεταβολή της κατακόρυφης ταχύτητας του ΚΜΣ στη διάρκεια της ίδιας φάσης. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται ενδεικτικά η εξέλιξη της οριζόντιας (X) και της κατακόρυφης (Y) ταχύτητας του ΚΜΣ για τον πρωταθλητή και την πρωταθλήτρια. Αφενός διακρίνονται οι υψηλότερες τιμές του άλτη και αφετέρου διαπιστώνεται η σχεδόν ταυτόσημη εξέλιξη των παραμέτρων στο χρόνο.

Αντίθετα, η μετατόπιση του ΚΜΣ στον κατακόρυφο άξονα ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη στους άλτες ($p < .05$). Τέλος, η απόσταση προσγείωσης, η απόσταση απογείωσης, καθώς και η μέγιστη κάμψη του γόνατος του ποδιού ώθησης δεν πα-

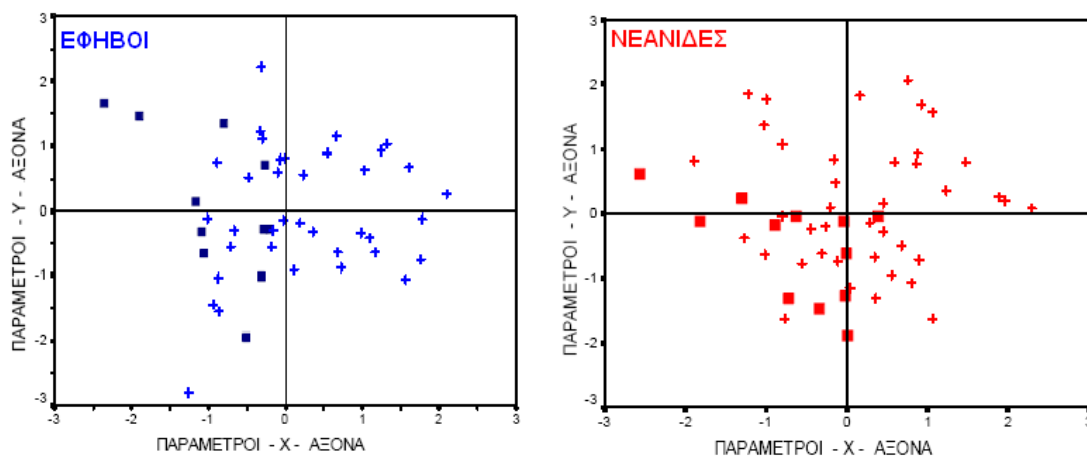
ρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p > .05$).

Επίδραση Κινηματικών Παραμέτρων στην Επίδοση

Οι παράμετροι που καθορίζουν την τροχιά του ΚΜΣ κατά την πτήση επέδειξαν καλή και στατιστικά σημαντική ($p < .001$) γραμμική συσχέτιση με την επίσημη επίδοση (οριζόντια ταχύτητα απογείωσης: $r = .70$, κατακόρυφη ταχύτητα απογείωσης: $r = .69$, ύψος απογείωσης: $r = .77$), εκτός από τη γωνία απογείωσης, η οποία παρουσίασε μέτρια ($r = .34$) μη στατιστικά σημαντική συσχέτιση ($p = .115$).

Στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται η ευθεία της απλής γραμμικής παλινδρόμησης της επίσημης επίδοσης πάνω στην οριζόντια ταχύτητα απογείωσης. Ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) ήταν .66 για τους Έφηβους και .56 για τις Νεάνιδες.

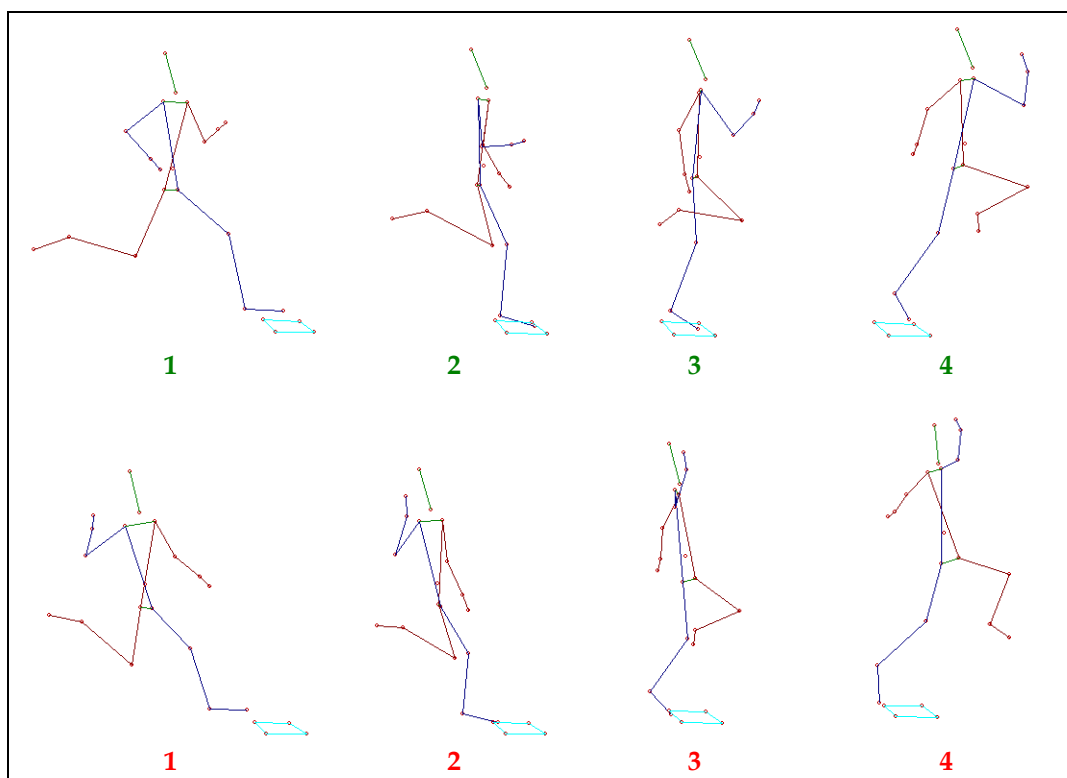
Από την επεξεργασία των κινηματικών παραμέτρων με τη μέθοδο ανάλυσης παραγόντων Principal Components Analysis με περιστροφή Varimax (Πανουτσακόπουλος και συν., 2007) φά-



Σχήμα 3: Η συμμετοχή των κινηματικών παραμέτρων της οριζόντιας (X) και της κατακόρυφης (Y) συνιστώσας (βλ. κείμενο για λεπτομέρειες) στον καθορισμό της επίσημης επίδοσης των εξεταζόμενων Εφήβων (■) και Νεανίδων (■). Παράθεση με άλτες (+) και άλτριες (+) από βάση δεδομένων (βλ. Πανουτσακόπουλος και συν., 2007).

Πίνακας 4: Σφάλματα των εξεταζόμενων κατά την εκτέλεση της φόρας και της λήψης της θέσης απογείωσης σύμφωνα με το Φυλλάδιο Αξιολόγησης Τεχνικής του Άλματος σε Μήκος (Tidow, 1989).

Φάση	α/α	Κριτήριο	Σημείο Ελέγχου	Έφηβοι	Νεάνιδες
Προτελευταίος Διασκελισμός	1	Οπίσθια στήριξη	Όχι πλήρης έκταση του γόνατος	2	7
	2	Κορμός	Όρθιος	1	2
	3	Μπροστινό πόδι	Η φτέρνα οδηγεί	2	2
	4	Πίσω αιώρηση	Μειωμένο εύρος κίνησης/σταθερή γωνία γόνατος	1	2
	5	Πόδι στήριξης	Επαφή με όλο το πέλμα/«αποδοτική»	1	5
Τελευταίος Διασκελισμός	6	Οπίσθια στήριξη	Ώθηση σε οριζόντια διεύθυνση	0	8
	7	Πόδι ώθησης	Αύξηση γωνίας γόνατος	3	2
	8	Κίνηση ποδιών	Εμπρός πόδι: «άρπαγμα»	10	8
	9	Πόδι ώθησης	Προενεργοποιημένο/προηγείται η φτέρνα/πλήρης έκταση	2	0
	10	Κορμός	Ελαφρά κλίση πίσω/ελαφρά στροφή	5	9
Θέση Απογείωσης	11	Πόδι ώθησης	Πλήρης έκταση ισχίου-γόνατος-ΠΔΚ	2	4
	12	Πόδι αιώρησης	Μηρός σε οριζόντια θέση/κάμψη γόνατος	3	5
	13	Κορμός	Όρθιος	1	6
	14	Ώμοι	Ανασηκωμένοι	0	0
	15	Χέρια	Αντίθετα με πόδια/«κλειδώνουν» παράλληλα με το έδαφος	10	11



Σχήμα 4: Ενδεικτικά κινησιογράμματα αλτριών με θετική (επάνω) και αρνητική (κάτω) αξιολόγηση κατά Tidow (1989, βλ. Πίνακα 4) αναφορικά με την αιώρηση των άνω άκρων και τη λήψη της θέσης απογείωσης (1: πτήση τελευταίου διασκελισμού, 2: τοποθέτηση στο βαθύρα απογείωσης, 3: μέγιστη κάμψη γόνατος ποδιού ώθησης, 4: απογείωση).

νηκε ότι οι εξεταζόμενες άλτριες υστέρησαν κυρίως στις τιμές των παραμέτρων που σχετίζονται με τον κατακόρυφο (Y) άξονα, δηλαδή την κατακόρυφη ταχύτητα απογείωσης ΚΜΣ, τη μεταβολή της κατά τη διάρκεια του πατήματος στη βαλβίδα, το ύψος του ΚΜΣ και τη γωνία απογείωσης. Ωστόσο, οι Έφηβοι και Νεάνιδες φάνηκαν να υστερούν σε σχέση με ενήλικες αθλητές και αθλήτριες στις παραμέτρους που σχετίζονται με τον οριζόντιο (X) άξονα (Σχήμα 3), δηλαδή την οριζόντια ταχύτητα απογείωσης του ΚΜΣ και τη μεταβολή της σε σχέση με την τοποθέτηση στο βαθύρα απογείωσης.

Ποιοτική Αξιολόγηση της Τεχνικής

Εξαιτίας του περιορισμού της έρευνας στους δύο τελευταίους διασκελισμούς της φόρας και στη φάση του πατήματος-απογείωσης, οι συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν στα πρώτα 15 κριτήρια του Φυλλαδίου Αξιολόγησης Τεχνικής Άλματος σε Μήκος του Tidow (1989). Τα κριτήρια με τη μεγαλύτερη συχνότητα αποτυχίας ήταν η αιώρηση των άνω άκρων για τη λήψη της θέσης απογείωσης (Σχήμα 4) και ο τρόπος τοποθέτησης του σκέλους στήριξης στον τελευταίο διασκελισμό (βλ. Πίνακα 4). Η ανάλυση των αποτελεσμάτων φανέρωσε ότι οι Νεάνιδες παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά ($p < .05$) περισσότερα λάθη στα κριτήρια τεχνικής που αξιολογήθηκαν (5.8 ± 1.5 σφάλματα/άλτρια έναντι 3.9 ± 1.4 σφάλματα/άλτη).

Συζήτηση

Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι οι εξεταζόμενοι Έφηβοι άλτες υπερίσχυαν, όπως ήταν αναμενόμενο, των Νεανίδων αλτριών στις παραμέτρους που άπτονται των ικανοτήτων φυσικής κατάστασης (ταχύτητα ΚΜΣ στον οριζόντιο και κατακόρυφο άξονα) και των οντολογικών χαρακτηριστικών (ύψος ΚΜΣ). Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στις παραμέτρους που εκφράζουν στοιχεία τεχνικής, όπως η μείωση του μήκους διασκελισμού στο εξεταζόμενο μέρος της φόρας, οι μεταβολές των συνιστωσών της ταχύτητας απογείωσης κατά τη διάρκεια της φάσης πατήματος-απογείωσης, η απόσταση απογείωσης και η μέγιστη κάμψη του ποδιού ώθησης.

Οι εξεταζόμενοι υιοθέτησαν την τεχνική «μεγαλύτερος προτελευταίος - μικρότερος τελευταίος διασκελισμός». Η υιοθέτηση αυτής της τεχνικής συνετέλεσε στην επίτευξη του ενός από τους σκοπούς της τεχνικής κατά την προετοιμασία για τη φάση πατήματος-απογείωσης, δηλαδή τη μείωση του ύψους του ΚΜΣ (Ridka-Drdacka, 1986).

Η υποχώρηση του ύψους του ΚΜΣ κατά τους δύο τελευταίους διασκελισμούς (Πίνακας 2) ήταν ακριβώς ίδια σε σχέση με κορυφαίους άλτες και άλτριες (Hay & Nohara, 1990) και με τις άλτριες

του 1^{ου} Παγκοσμίου Πρωταθλήματος Νεανίδων (Brüggemann & Conrad, 1986). Ο έτερος σκοπός της φάσης προετοιμασίας, δηλαδή η ύπαρξη θετικής κατακόρυφης ταχύτητας του ΚΜΣ κατά τη στιγμή του πατήματος στο βαθύρα απογείωσης (Ridka-Drdacka, 1986), επιτεύχθηκε μόνο από τους Έφηβους (βλ. Πίνακα 3).

Ως προς τη διαμόρφωση της οριζόντιας ταχύτητας του ΚΜΣ στους τελευταίους δύο διασκελισμούς της φόρας, διαπιστώθηκε ότι η μέση τάση στις Νεάνιδες ήταν μια οριακή αύξηση της ταχύτητας κατά 0.03m/sec , όπως είχε παρατηρηθεί και στο Παγκόσμιο Πρωτάθλημα Στίβου Γυναικών του 1997 (0.05m/sec , Müller & Brüggemann, 1997). Για την παράμετρο αυτή, η έρευνα έχει αποδώσει στις άλτριες μέση αύξηση έως 0.25m/sec (Brüggemann & Conrad, 1986) ή και μέση μείωση έως 0.35m/sec (Hay & Miller, 1985). Αντίθετα, το εύρημα ότι οι Έφηβοι παρουσίασαν μείωση της οριζόντιας ταχύτητας του ΚΜΣ σε αυτή τη φάση της φόρας συμφωνεί με την πλειοψηφία των ερευνών (Hay, 1993; Hay, Miller, & Canterna, 1986; Nixdorf & Brüggemann, 1990; Panoutsakopoulos et al., 2010). Η μείωση αυτή φαίνεται πως είναι χαρακτηριστικό των αλτών αναπτυξιακής ηλικίας (Brüggemann & Conrad, 1986; Omura et al., 2005, Παπαϊακώβου και συν., 2002).

Το γεγονός ότι τόσο οι Έφηβοι, όσο και οι Νεάνιδες, πραγματοποίησαν την τοποθέτηση του ποδιού ώθησης στο βαθύρα απογείωσης με «κοντράρισμα» φαίνεται και από τις αυξημένες τιμές της σχετικής ταχύτητας του πέλματος σε σχέση με αυτές της βιβλιογραφίας. Για ενήλικες άλτες και άλτριες έχουν αναφερθεί τιμές -6.5m/sec (Koh & Hay, 1990) και -4.9m/sec (Panoutsakopoulos & Kollias, 2007) αντίστοιχα, με τις τιμές που τείνουν προς το μηδέν να υποδηλώνουν «ενεργητικό πάτημα» (Koh & Hay, 1990). Η μείωση του μήκους του τελευταίου διασκελισμού που παρατηρήθηκε θα έπρεπε να συνοδεύεται από πιο «ενεργητικό» πάτημα. Το «κοντράρισμα» που εμφάνισαν οι εξεταζόμενοι ίσως να οφείλεται στην ποιότητα της κίνησης του ποδιού ώθησης, δηλαδή στο συνδυασμό των κινηματικών χαρακτηριστικών (απόσταση προσγείωσης, γωνίες αρθρώσεων και σχετική θέση των μελών του σώματος) και των κινητικών χαρακτηριστικών (απορρόφηση και επαναχρησιμοποίηση της αποθηκευμένης ελαστικής ενέργειας στους εκτεινόντες μύες του γόνατος, ροή ενέργειας στα μέλη του κάτω άκρου, ροπές γύρω από τις αρθρώσεις) του ποδιού ώθησης κατά την τοποθέτηση στο βαθύρα απογείωσης (Muraki, Ae, Koyama, & Yokozawa, 2008). Οι παραπάνω παράμετροι χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης στο μέλλον. Η μέση απώλεια απόστασης στο βαθύρα απογείωσης ήταν σχεδόν ίδια ($11\text{-}12\text{cm}$) με αυτή που παρατηρήθηκε παλαιότερα για νεαρούς Έλληνες άλτες (Κουτσιώ-

ρας, 2007; Κουτσιώρας και συν., 2002), αλλά μεγαλύτερη από αυτή που είχε αναφερθεί για την οκτάδα των τελικών του Παγκοσμίου Πρωταθλήματος Εφήβων (3cm) και Νεανίδων (8cm) του 1986 (Brüggemann & Conrad, 1986).

Η μέση επίδοση και η μέση οριζόντια ταχύτητα απογείωσης των εξεταζόμενων ήταν αισθητά μικρότερες σε σχέση με τις τιμές που έχουν αναφερθεί για ενήλικες στη βιβλιογραφία. Το ίδιο παρατηρήθηκε και για τη μέση κατακόρυφη ταχύτητα απογείωσης. Η μέση γωνία απογείωσης των εξεταζόμενων ήταν εντός του εύρους τιμών ($18.1^\circ - 22.7^\circ$) που εντοπίστηκαν στη βιβλιογραφία (Lees et al., 1993; Πανουτσακόπουλος & Κόλλιας, 2009). Τέλος, η απόσταση απογείωσης στις Νεανίδες ήταν περίπου όμοια με αυτή που παρατηρήθηκε στις άλλτριες του Ευρωπαϊκού Κυπέλλου του 2006 (Panoutsakopoulos & Kollias, 2007), ενώ των Εφήβων ήταν 4cm μικρότερη σε σχέση με κορυφαίους άλλτες (Hay et al., 1986).

Ως προς τη διερεύνηση της επίδρασης των κινηματικών παραμέτρων στην επίδοση, οι συντελεστές συσχέτισης της επίδοσης με τις παραμέτρους που καθορίζουν την τροχιά του ΚΜΣ κατά την πτήση ήταν σχεδόν ταυτόσημοι με αυτούς που εξήχθησαν από τον Κουτσιώρα (2007) και τους Κουτσιώρα και συνεργάτες (2002). Το διάγραμμα διασποράς της οριζόντιας ταχύτητας απογείωσης ως προς την επίσημη επίδοση για τους εξεταζόμενους Έφηβους και Νεανίδες (Σχήμα 2) είχε τη μορφή που παρουσιάζεται σε αντίστοιχο διάγραμμα από τους Mendoza και συνεργάτες (2006). Η απουσία μεγάλου τμήματος των εξεταζόμενων άνωθεν και πάνω στην ευθεία της απλής γραμμικής παλινδρόμησης της επίσημης επίδοσης και της οριζόντιας ταχύτητας απογείωσης, καθώς και η μικρή τιμή του συντελεστή προσδιορισμού της σχέσης, υποδηλώνει τη μη αποδοτική εκμετάλλευση της ταχύτητας του ΚΜΣ κατά την απογείωση.

Αναφορικά με τη συμμετοχή των κινηματικών παραμέτρων του οριζόντιου (X) άξονα (παράμετροι που σχετίζονται με την ικανότητα ανάπτυξης ταχύτητας) και του κατακόρυφου (Y) άξονα (παράμετροι που σχετίζονται με την ικανότητα εφαρ-

μογής ώθησης) στην επίσημη επίδοση, διαπιστώθηκε ότι οι Νεανίδες υστερούσαν στις παραμέτρους της ώθησης περισσότερο από τους Έφηβους. Ωστόσο, και οι δύο ομάδες εξεταζόμενων υστέρησαν, τόσο στις παραμέτρους ταχύτητας, όσο και στις παραμέτρους ώθησης σε σχέση με ενήλικες αθλητές, καθώς οι «γρήγοροι και δυνατοί» άλλτες τοποθετούνται στο επάνω δεξιά τεταρτημόριο του Σχήματος 3 (Πανουτσακόπουλος και συν., 2007). Η ένδειξη για εφαρμογή μειωμένης κατακόρυφης ώθησης από νεαρούς άλλτες είναι σε συμφωνία με προηγούμενη μελέτη (Κουτσιώρας και συν., 2002).

Συμπερασματικά, από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι οι εξεταζόμενοι Έφηβοι άλλτες και Νεανίδες άλλτριες:

- διαφοροποιούνται στις παραμέτρους που άπτονται των ικανοτήτων φυσικής κατάστασης,
- κατέχουν τα βασικά τεχνικά στοιχεία του άλματος (βλ. επίσης Omura et al., 2005),
- διαμορφώνουν την ταχύτητα του ΚΜΣ όπως έχει περιγραφεί στη βιβλιογραφία,
- δεν έχουν ακρίβεια στο πάτημα στο βαθύρα απογείωσης, όπου τοποθετούνται με «κοντράρισμα»,
- δεν εκμεταλλεύονται αποδοτικά την ταχύτητα του ΚΜΣ κατά την απογείωση,
- υπολείπονται στις τιμές των κινηματικών παραμέτρων έναντι των ενηλικών αθλητών και αθλητριών, και
- δεν έχουν αναπτύξει μηχανισμούς για την αποτελεσματική μετατροπή της οριζόντιας ταχύτητας σε ικανότητα εφαρμογής ώθησης στον κατακόρυφο άξονα.

Τα παραπάνω στοιχεία πρέπει να τεθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό του μακρόχρονου προγραμματισμού της προπόνησης των ικανοτήτων φυσικής κατάστασης και της εκμάθησης της τεχνικής. Κατά συνέπεια, σε κάθε στάδιο αθλητικής ανάπτυξης, η βελτίωση της τεχνικής θα πρέπει να συμβαδίζει με το βαθμό ανάπτυξης των ικανοτήτων φυσικής κατάστασης, έτσι ώστε να είναι πραγματοποιήσιμο το βέλτιστο δυνατό αποτέλεσμα και να ελαχιστοποιείται η πιθανότητα εμφάνισης τραυματισμού.

Σημασία για τον Αγωνιστικό Αθλητισμό

Η Βιοκινητική έχει ως επιμέρους σκοπούς τον εντοπισμό των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων της εκτέλεσης μιας αθλητικής τεχνικής και την υποστήριξη της προπονητικής διαδικασίας για τη βελτιστοποίηση της προσπάθειας των αθλητών. Έχει φανεί ότι η τεχνική ενός αθλητή δεν είναι κάτι προκαθορισμένο, κοινό και σταθερό, αλλά κάτι που συνεχώς αλλάζει ανάλογα με τη φάση της αθλητικής εξέλιξης του (Κόλλιας, 1997β). Η παρούσα εργασία παρέχει στοιχεία για τις τιμές των κινηματικών παραμέτρων των Εφήβων και Νεανίδων αθλητών του άλματος σε μήκος. Ακόμα, συνεισφέρει στην εξακρίβωση των χαρακτηριστικών της τεχνικής στη συγκεκριμένη φάση της αθλητικής ανάπτυξης. Με τον τρόπο αυτό, συμβάλει στον καθορισμό αντικειμενικών στόχων στην προπόνηση και την ανάπτυξη κατάλληλων μεθοδικών σειρών διδασκαλίας της κίνησης.

Βιβλιογραφία

- Arampatzis, A., & Brüggemann, G.-P. (1999). Mechanical energetic processes in long jump and their effect on jumping performance. *New Studies in Athletics*, 14, 37-44.
- Bedi, J.F., & Cooper, J.M. (1977). Take off in the long jump - Angular momentum considerations. *Journal of Biomechanics*, 10, 541-548.
- Berg, W. P., & Greer, N. L. (1995). A kinematic profile of the approach run of novice long jumpers. *Journal of Applied Biomechanics*, 11, 142-162.
- Brüggemann, G.-P., & Conrad, T. (1986). Long jump. In P. Susanka, G.P. Brüggemann and E. Tsarouhas (Eds.), *Biomechanical Research in Athletics-1st World Junior Championships, Athens 1986* (pp. 89-119). Athens, Greece: SEGAS-EKAE.
- Clauser, C.E., McConville, J.T., & Young, J.W. (1969). *Weight, volume, and center of mass of segments of the human body*. Technical Report AMRL-69-70. Ohio: Wright Patterson Air Force Base.
- Dempster, W.T. (1955). *Space requirements of the seated operator*. WADC-TR (55-159). Ohio: Wright Patterson Air Force Base.
- Fukashiro, S., Takayama, A., Kojim, T., Araj, T., Itoh, N., Ae, M. et al. (1994). World record long jump: Three dimensional analysis of take-off motion of Powell and Lewis. *Journal of Biomechanics*, 27, 666.
- Hay, J.G. (1993). Citius, altius, longius (faster, higher, longer): The biomechanics of jumping for distance. *Journal of Biomechanics*, 26(Suppl. 1), 7-21.
- Hay, J.G. (1988). Approach strategies in the long jump. *International Journal of Sport Biomechanics*, 4, 114-129.
- Hay, J.G. (1986). The biomechanics of the long jump. *Exercise & Sport Sciences Reviews*, 14, 401-446.
- Hay, J.G. (1985). *The Biomechanics of Sports Techniques*, 3rd edition. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Hay, J.G., Thorson, E.M., & Kippenhan, B.C. (1999). Changes in muscle-tendon length during the take-off of a running long jump. *Journal of Sports Sciences*, 17, 159-172.
- Hay, J.G., & Nohara, H. (1990). Techniques used by elite long jumpers in preparation for takeoff. *Journal of Biomechanics*, 23, 229-239.
- Hay, J.G., Miller, J.A., & Canterna, R.W. (1986). The techniques of elite male long jumpers. *Journal of Biomechanics*, 19, 855-866.
- Hay, J.G., & Miller, J.A. (1985). Techniques used in the transition from approach to takeoff in the long jump. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1, 174-184.
- Herzog, W. (1986). Maintenance of body orientation in the flight phase of long jumping. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 18, 231-241.
- Καντζίδης, Δ., & Παπαϊακώβου, Γ. (2006). *Κλασικός Αθλητισμός για το Σχολείο και το Σύλλογο*. Θεσσαλονίκη: Έκδοση των Συγγραφέων.
- Koh, T.J., & Hay, J.G. (1990). Landing leg motion and performance in the horizontal jumps. 1: The long jump. *International Journal of Sport Biomechanics*, 6, 343-360.
- Κόλλιας, Η.Α. (1997α). Πηγές σφάλματος και τρόποι περιορισμού τους στην χρησιμοποίηση της DLT με τα βασικά μέσα καταγραφής για την ανάλυση της κίνησης του ανθρώπινου σώματος. *Αθληση & Κοινωνία*, 18, 9-26.
- Κόλλιας, Η.Α. (1997β). *Βιοκινητική της Αθλητικής Κίνησης*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.
- Κουτσιώρας, Ι. (2007). *Ισχύς των κάτω άκρων και τεχνικά χαρακτηριστικά της φάσης απογείωσης στο άλμα σε μήκος νεαρών αθλητών*. Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή, ΤΕΦΑΑ-ΠΘ.
- Κουτσιώρας, Ι., Τοιμέας, Π., & Τοιόκανος, Α. (2008). Εμβιομηχανική ανάλυση του άλματος σε μήκος. *Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό*, 6, 138-148.
- Κουτσιώρας, Ι., Τσαόπουλος, Δ., & Τοιόκανος, Α. (2002). Σχέση μεταξύ βιομηχανικών παραμέτρων καθοριστικών για το άλμα σε μήκος νεαρών αθλητών. *Πρακτικά 1ου Διεθνούς Συνεδρίου Κλασικού Αθλητισμού ΤΕΦΑΑ-ΠΘ*, σσ. 131-132. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.
- Koyama, H., Muraki, Y., Takamoto, M., & Ae, M. (2008). *Kinematics of takeoff motion of the world elite long jumpers*. Proceedings of the 26th International Conference on Biomechanics in Sports, p. 695.
- Lees, A., Graham-Smith, P., & Fowler, N. (1994). A biomechanical analysis of the last stride, touch-down and take-off characteristics of the men's long jump. *Journal of Applied Biomechanics*, 10, 61-78.
- Lees, A., Fowler, N., & Derby, D. (1993). A biomechanical analysis of the last stride, touch-down and take-off characteristics of the women's long jump. *Journal of Sports Sciences*, 11, 303-314.
- Mendoza, L., Nixdorf, E., & Isele, R. (2006). Gesetzmäßigkeiten des horizontalsprungs. *Leichtathletik*, 17, 26-29.
- Miladinov, O. (2006). New aspects in perfecting the long jump technique. *New Studies in Athletics*, 21, 7-25.
- Müller, H., & Brüggemann, G.-P. (1997). Long jump. In: Müller, H., Hommel, H. (Eds.), *Biomechanical Research Project at the VIth World Championships in Athletics, Athens 1997: Preliminary Report*. *New Studies in Athletics*, 13, 56-59.

- Muraki, Y., Ae, M., Koyama, H., & Yokozawa, T. (2008). Joint torque and power of the takeoff leg in the long jump. *International Journal of Sport and Health Science*, 6, 21-32.
- Muraki, Y., Ae, M., Yokozawa, T., & Koyama, H. (2005). Mechanical properties of the take-off leg as a support mechanism in the long jump. *Sports Biomechanics*, 4, 1-16.
- Nixdorf, E., & Brüggemann, G.-P. (1990). Biomechanical analysis of the long jump. In: Brüggemann, G.-P., Glad, B. (Eds.), *Scientific Research Project at the Games of the XXIVth Olympiad, Seoul 1988* (pp. 263-302). London: International Amateur Athletic Federation.
- Omura, I., Iiboshi, A., Koyama, H., Muraki, Y., & Ae, M. (2005). *Analysis of the approach run and the takeoff in the Japanese junior long jumpers*. Proceedings of the 20th ISB Congress & the 29th ASB Annual Meeting, p. 340.
- Πανουτσακόπουλος, Β., & Κόλλιας, Η.Α. (2009). Βιοκινητική ανάλυση των τελευταίων διασκελισμών, του πατήματος και της απογείωσης των κορυφαίων Ελλήνων αθλητών και αθλητριών του άλματος σε μήκος. *Φυσική Αγωγή & Αθλητισμός*, 29, 200-218.
- Panoutsakopoulos, V., & Kollias, I. (2007). Biomechanical analysis of sub-elite performers in the women's long jump. *New Studies in Athletics*, 22, 19-28.
- Panoutsakopoulos, V., Papaiakovou, G.I., Katsikas, F.S., & Kollias, I.A. (2010). 3D biomechanical analysis of the preparation of the long jump take-off. *New Studies in Athletics*, 25, 55-68.
- Πανουτσακόπουλος, Β., Ταμπάκης, Κ., Παπαϊακώβου, Γ., & Κόλλιας, Η. (2007). Ανάλυση παραγόντων και βιοκινητικές παράμετροι που καθορίζουν την επίδοση στο άλμα σε μήκος. *Άθληση & Κοινωνία*, 46, 121-124.
- Παπαϊακώβου, Γ., Κατσαβέλης, Δ., Καστρινάκης, Κ., Πανουτσακόπουλος, Β., & Κόλλιας, Η. (2002). Σύγκριση των κινηματικών παραμέτρων ανάμεσα σε νεαρούς άλτες - άλτριες μήκους και σε ενήλικες άλτες - άλτριες παγκοσμίου επιπέδου. *Πρακτικά 1ου Διεθνούς Συνεδρίου Κλασικού Αθλητισμού ΤΕΦΑΑ-ΠΘ*, σ. 95. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.
- Ridka-Drdacka, E. (1986). A mechanical model of the long jump and its application to a technique of preparatory and takeoff phases. *International Journal of Sport Biomechanics*, 2, 289-300.
- Tidow, G. (1989). Model technique analysis sheet for the horizontal jumps. PART I - The Long Jump. *New Studies in Athletics*, 3, 47-62.
- Whitsett, C.E. (1963). *Some dynamic response characteristics of weightless man*. Technical Report AMRL-TDR-63-18. Ohio: Wright Patterson Air Force Base.
- Winter, D.A. (1990). *Biomechanics and motor control of human movement*, 2nd edition. Toronto: John Wiley & Sons.

