

**ΙΣΧΥΣ ΤΩΝ ΚΑΤΩ ΑΚΡΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ
ΦΑΣΗΣ ΑΠΟΓΕΙΩΣΗΣ ΣΤΟ ΑΛΜΑ ΣΕ ΜΗΚΟΣ
ΝΕΑΡΩΝ ΑΘΛΗΤΩΝ**

του
Ιωάννη Κουτσιώρα

Διδακτορική διατριβή που υποβάλλεται
στο καθηγητικό σώμα για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων για την απόκτηση
του διδακτορικού τίτλου του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Τρίκαλα
2007

Εγκεκριμένο από το καθηγητικό σώμα:

1^{ος} Επιβλέπων (κύριος): Επίκ. Καθηγητής Δρ. Αθ. Τσιόκανος

2^{ος} Επιβλέπων: Καθηγητής Δρ. Σπ. Κέλλης

3^{ος} Επιβλέπων: Επίκ. Καθηγητής Δρ. Δ. Σούλας

Μέλη επταμελούς εξεταστικής επιτροπής:

Επικ. Καθηγητής Δρ. Αθ. Τσιόκανος

Καθηγητής Δρ. Σπ. Κέλλης

Επικ. Καθηγητής Δρ. Δ. Σούλας

Καθηγητής Δρ. Κ. Μπαγιάτης

Καθηγητής Δρ. Στ. Τζιωρτζής

Αναπλ. Καθηγητής Δρ. Ι. Κουτεντάκης

Επικ. Καθηγητής Δρ. Αθ. Τζιαμούρτας

© 2007
Ιωάννης Κουτσιώρας
ALL RIGHTS RESERVED

Στη μνήμη του πατέρα μου

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της παρούσας διδακτορικής διατριβής και πρωτίστως τον κύριο επιβλέποντα, επίκουρο καθηγητή κ. Θανάση Τσιόκανο, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, τη συστηματική του εποπτεία, τις κρίσεις και τις εποικοδομητικές υποδείξεις του σε όλες τις φάσεις της διατριβής.

Επίσης, ουσιαστικής σημασίας ήταν και η βοήθεια που μου προσέφεραν με τις υποδείξεις και τις παρατηρήσεις τους ο καθηγητής του Α.Π.Θ., Δρ. Σπύρος Κέλλης, και ο επίκουρος καθηγητής του Π.Θ., Δρ. Δημήτρης Σούλας, ως μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής.

Θα ήταν παράλειψη να μην εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους εξαιρετους φίλους και συναδέλφους Δρ. Παναγιώτη Τσιμέα και υποψήφιο διδάκτορα Δημήτρη Τσαόπουλο, που βοήθησαν αποφασιστικά στη διεξαγωγή των μετρήσεων και στις μετέπειτα αναλύσεις στο εργαστήριο Βιοκινητικής του Κέντρου Έρευνας και Αξιολόγησης της Φυσικής Απόδοσης του Τ.Ε.Φ.Α.Α. του Π.Θ.

Επιπροσθέτως, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους αθλητές και προπονητές για την άψογη συνεργασία τους, που αφού πίστεψαν αρχικά στην αναγκαιότητα της παρούσας έρευνας, στη συνέχεια συμμετείχαν με μεγάλη προθυμία και ενεργά σε όλες τις δοκιμασίες.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στην οικογένειά μου, στη σύζυγό μου Παναγιώτα και στα παιδιά μου Κωνσταντίνο, Ξένια και Φαίη, για την ηθική τους συμπαράσταση, την αγάπη και την ανεκτικότητα τους στη μακρόχρονη αυτή διαδικασία.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΟΥΤΣΙΩΡΑΣ: Ισχύς των κάτω άκρων και τεχνικά χαρακτηριστικά της φάσης απογείωσης στο άλμα σε μήκος νεαρών αθλητών

(Υπό την επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή Θανάση Τσιόκανου)

Η ισχύς των κάτω άκρων και τεχνικά χαρακτηριστικά συνεισφέρουν στην επιτυχία του άλματος σε μήκος. Η βιβλιογραφία αναφέρεται κυρίως στους άλτες και άλτριες υψηλού επιπέδου και είναι φτωχή σε αναφορές σε νεαρούς αθλητές. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η κινηματική ανάλυση της φάσης απογείωσης νεαρών αθλητών του μήκους και η αξιολόγηση της ισχύος των κάτω άκρων τους σε μια προσπάθεια συσχέτισής τους με την επίδοση στο άλμα. Το δείγμα αποτέλεσαν 40 Έλληνες άλτες του μήκους, ηλικίας 14-18 ετών, σωματικής μάζας $65,7 \pm 7,6$ kg και αναστήματος $175,7 \pm 5,3$ cm. Η βιντεοσκόπηση της φάσης απογείωσης έγινε με συχνότητα 100Hz και η κινηματική ανάλυση με το σύστημα APAS. Η μέση πραγματική επίδοση του δείγματος ήταν $6,08 \pm 0,51$ cm. Οι άλτες αξιολογήθηκαν επίσης σε μια σειρά από δοκιμασίες ισχύος (κατακόρυφα άλματα, δρόμος ταχύτητας, ισοκινητικές δοκιμασίες). Η πραγματική επίδοση συσχετίστηκε σημαντικά με την ταχύτητα φοράς ($r = 0,83$), με την οριζόντια ταχύτητα ($r = 0,63$), την κατακόρυφη ($r = 0,60$) και τη συνισταμένη ταχύτητα απογείωσης ($r = 0,70$), με τη γωνία απογείωσης ($r = 0,38$) και με το κέρδος σε κατακόρυφη ταχύτητα κατά τη φάση απογείωσης ($r = 0,42$). Οι δοκιμασίες ισχύος έδειξαν συσχέτιση των κατακόρυφων αλμάτων ($r = 0,54 - 0,63$), του δρόμου ταχύτητας ($r = -0,51$) και των ισοκινητικών δοκιμασιών ($r = 0,33 - 0,66$) με την πραγματική επίδοση. Τέλος, τα δυναμικά χαρακτηριστικά (ισχύς των κάτω άκρων) μπορούν να προβλέψουν (με βάση την πολλαπλή παλινδρόμηση) το 47,8% της επίδοσης, τα κινηματικά χαρακτηριστικά το 99,7%, ενώ συνδυασμός των δύο το 87,5%.

Λέξεις-κλειδιά: Οριζόντια και κατακόρυφα άλματα, στίβος, κινηματική, βλητική, τεχνική, ισχύς ποδιών, ισοκινητική αξιολόγηση

ABSTRACT

KOUTSIORAS IOANNIS: Power of lower limbs and technical characteristics of take-off phase of the long jump in young jumpers

(Under the supervision of Assistant Professor Thanasis Tsiokanos)

The power of the lower limbs and technical characteristics contribute to an effective long jump performance. The existed literature is most related to the men and women top level jumpers and is poor for the young athletes. The purpose of this study was the kinematic analysis of take off phase of the long jump in young jumpers and the power evaluation of their lower limbs in effort to relate the produced parameters with the jump performance. The performances of forty Greek young jumpers (age: 14-18 yrs, mass: $65,7 \pm 7,6$ kg, height: $165,7 \pm 7,6$ cm) were recorded by video (100 Hz) and the best trials analyzed with APAS system. The mean effective distance of the jump of all jumpers was $6,08 \pm 0,51$ m. The jumpers also evaluated in a sequence of power tests (vertical jumps, sprint and isokinetic tests). The effective distance was related significantly with the approach velocity ($r = 0,83$), the horizontal ($r = 0,63$), the vertical ($r = 0,60$) and the resultant velocity of the CG at the take-off moment ($r = 0,70$), with the projection angle ($r = 0,38$) and with the gain in vertical velocity of the CG ($r = 0,42$). The power tests indicated significant relationship of the vertical jumps ($r = 0,54 - 0,63$), of the sprint running ($r = -0,51$) and the isokinetic tests ($r = 0,33 - 0,66$) with the jump performance. In conclusion, the greater percentages of the variance in the effective distance of the jump were accounted for by a) power parameters of the lower limbs (47,8%), b) kinematic parameters (99,7%), c) a combination of power and kinematic characteristics (87,5%).

Keywords: Horizontal and vertical jumps, athletics, kinematics, projectiles, technique, leg power, isokinetic evaluation

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	V
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	VI
ABSTRACT	VII
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	VIII
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	X
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	XI
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	XIII
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
Σκοπός της έρευνας	3
Σημασία της έρευνας	3
Περιορισμοί της έρευνας	4
Οριοθέτηση της έρευνας	4
Θεωρητικοί και λειτουργικοί ορισμοί	4
Μηδενικές υποθέσεις	5
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	7
Σχετικές θεωρίες	7
Φορά	8
Απογείωση	13
Πτήση	18
Προσγείωση	18
Ισχύς των κάτω άκρων	19
III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	21
Δείγμα	21
Περιγραφή των οργάνων	21
Περιγραφή των δοκιμασιών	22
Διαδικασία μέτρησης	25
Στατιστική ανάλυση	28
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	29
Σωματομετρικά χαρακτηριστικά και επίδοση στο άλμα σε μήκος	29
Ισχύς των κάτω άκρων	30
Κινηματικά χαρακτηριστικά	34
Ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης	52

V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	54
Ισχύς των κάτω άκρων	54
Κινηματικά χαρακτηριστικά.....	56
Ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης.....	64
VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	66
VIII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	68
VII. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	75
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I.....	76
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II.....	79
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III.....	83
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV.....	85

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Σωματομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων και επίδοση στο άλμα σε μήκος (επίσημη και πραγματική).	29
Πίνακας 2. Αλτική ικανότητα – Δρόμος ταχύτητας.	30
Πίνακας 3. Σχέση (r) της επίδοσης με τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά και τις δοκιμασίες ισχύος (αλτική ικανότητα και δρόμος ταχύτητας).	31
Πίνακας 4. Μέγιστη ισοκινητική ροπή (Nm) των εκτεινόντων του γονάτου (στις 60 και 300 °/s) και των μυών της πελματιαίας κάμψης (στις 60 και 120 °/s) σε ομόκεντρα και έκκεντρα συστολή.	31
Πίνακας 5. Μέγιστη ισοκινητική ροπή (Nm/Kg) των εκτεινόντων του γονάτου (στις 60 και 300 °/s) και των μυών της πελματιαίας κάμψης (στις 60 και 120 °/s) σε ομόκεντρα και έκκεντρα συστολή ανά Kg σωματικού βάρους.	32
Πίνακας 6. Σχέση (r) της επίδοσης με την ομόκεντρα και έκκεντρα ισοκινητική ροπή των εκτεινόντων μυών του γονάτου και των μυών των εκτελούντων πελματιαία κάμψη στην ποδοκνημική.	33
Πίνακας 7. Σχέση (r) της επίδοσης με την ομόκεντρα και έκκεντρα ισοκινητική ροπή των εκτεινόντων μυών του γονάτου και των μυών των εκτελούντων πελματιαία κάμψη στην ποδοκνημική ανά kg σωματικού βάρους.	33
Πίνακας 8. Κινηματικά χαρακτηριστικά σε τρεις χαρακτηριστικές στιγμές της περιόδου στήριξης (TD, MKF, TO).	35
Πίνακας 9. Σχέση (r) της επίδοσης με κύριους παράγοντές της.	40
Πίνακας 10. Χρονικές παράμετροι (s).	40
Πίνακας 11. Σχέση (r) της επίδοσης με χρονικές παραμέτρους.	41
Πίνακας 12. Οριζόντιες γραμμικές μετατοπίσεις (σε απόλυτες τιμές και σε σχετικές ως προς το ανάστημα) (cm).	41
Πίνακας 13. Σχέση (r) της επίδοσης με οριζόντιες γραμμικές μετατοπίσεις (σε απόλυτες τιμές και σε σχετικές ως προς το ανάστημα).	42
Πίνακας 14. Κατακόρυφες γραμμικές μετατοπίσεις (cm).	43
Πίνακας 15. Σχέση (r) της επίδοσης με κατακόρυφες γραμμικές μετατοπίσεις.	43
Πίνακας 16. Γωνίες και γωνιακές μετατοπίσεις (grad).	45
Πίνακας 17. Σχέση (r) της επίδοσης με τιμές γωνιών σε κρίσιμες στιγμές της φάσης στήριξης.	45
Πίνακας 18. Σχέση (r) της επίδοσης με γωνιακές μετατοπίσεις κατά τη φάση στήριξης.	46
Πίνακας 19. Γραμμικές ταχύτητες (m/s).	48
Πίνακας 20. Σχέση (r) της επίδοσης με γραμμικές ταχύτητες.	48
Πίνακας 21. Κορυφώσεις των γωνιακών ταχυτήτων (°/s).	49
Πίνακας 22. Σχέση (r) της επίδοσης με κορυφώσεις των γωνιακών ταχυτήτων.	49
Πίνακας 23. Μέσες γωνιακές ταχύτητες (°/s).	50
Πίνακας 24. Σχέση (r) της επίδοσης με μέσες γωνιακές ταχύτητες.	51

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Οι τρεις αποστάσεις της συνολικής επίδοσης (L) στο άλμα σε μήκος (L1 = απόσταση απογείωσης, L2 = απόσταση πτήσης, L3 = απόσταση προσγείωσης) (Τροποποιημένο από Hay, 1978).....	1
Σχήμα 2. Μοντέλο της επίδοσης στο άλμα σε μήκος (Τροποποιημένο από Hay <i>et al.</i> , 1986).....	8
Σχήμα 3. Στιγμή προσγείωσης (TD).....	34
Σχήμα 4. Στιγμή μέγιστης κάμψης του ποδιού στο γόνατο (MKF).....	34
Σχήμα 5. Στιγμή απογείωσης (TO).....	34
Σχήμα 6. Υποδειγματική απεικόνιση της διακύμανσης της οριζόντιας (V_x), κατακόρυφης (V_y) και συνισταμένης ταχύτητας (V_{3D}) του ΚΜΣ στη φάση ώθησης για απογείωση. TD = στιγμή προσγείωσης, MKF = στιγμή της μέγιστης κάμψης του ποδιού στήριξης, TO = στιγμή απογείωσης.	37
Σχήμα 7. Υποδειγματική απεικόνιση της μεταβολής του ύψους (DY) του ΚΜΣ στη φάση ώθησης για απογείωση. TD = στιγμή προσγείωσης, MKF = στιγμή της μέγιστης κάμψης του ποδιού στήριξης, TO = στιγμή απογείωσης.	38
Σχήμα 8. Υποδειγματική απεικόνιση της μεταβολής των τιμών των γωνιών των αρθρώσεων του ισχίου (hip), του γονάτου (knee) και της ποδοκνημικής (ankle) του ποδιού στήριξης στη φάση ώθησης για απογείωση. TD = στιγμή προσγείωσης, MKF = στιγμή της μέγιστης κάμψης του ποδιού στήριξης, TO = στιγμή απογείωσης.	39

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

Σχήμα ΙΙΙ- 1. Ισοκινητική αξιολόγηση των εκτεινόντων του γονάτου.....	84
Σχήμα ΙΙΙ- 2. Ισοκινητική αξιολόγηση των μυών των εκτελούντων πελματιαία κάμψη στην ποδοκνημική.....	84

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV

Σχήμα ΙV- 1. Συσχέτιση του κατακόρυφου άλματος από ημικάθισμα με την πραγματική επίδοση.....	86
Σχήμα ΙV- 2. Συσχέτιση του άλματος με αντίθετη κίνηση με την πραγματική επίδοση.....	86
Σχήμα ΙV- 3. Συσχέτιση του άλματος βάθους από ύψος 40 cm με την πραγματική επίδοση.....	86
Σχήμα ΙV- 4. Συσχέτιση του άλματος βάθους από ύψος 80 cm με την πραγματική επίδοση.....	86
Σχήμα ΙV- 5. Συσχέτιση της μέγιστης ισοκινητικής ροπής του γονάτου σε ομόκεντρη συστολή στις 300° /s με την πραγματική επίδοση.....	86
Σχήμα ΙV- 6. Συσχέτιση της επίδοσης στο δρόμο με επερχόμενη ταχύτητα με την πραγματική επίδοση.....	86
Σχήμα ΙV- 7. Συσχέτιση της ταχύτητας της φοράς με την πραγματική επίδοση.....	87
Σχήμα ΙV- 8. Συσχέτιση της οριζόντιας ταχύτητας απογείωσης του ΚΜΣ με την πραγματική επίδοση.....	87
Σχήμα ΙV- 9. Συσχέτιση της κατακόρυφης ταχύτητας απογείωσης του ΚΜΣ με την πραγματική επίδοση.....	87
Σχήμα ΙV- 10. Συσχέτιση της ταχύτητας απογείωσης του ΚΜΣ με την πραγματική επίδοση.....	87
Σχήμα ΙV- 11. Συσχέτιση της γωνίας απογείωσης του ΚΜΣ με την πραγματική επίδοση.....	88
Σχήμα ΙV- 12. Συσχέτιση της διάρκειας της τελευταίας στήριξης με την πραγματική επίδοση.....	88
Σχήμα ΙV- 13. Συσχέτιση της γωνίας του γονάτου στην απογείωση με την πραγματική επίδοση.....	88

Σχήμα IV- 14. Συσχέτιση της οριζόντιας ταχύτητας της ποδοκνημικής στην προσγείωση με την πραγματική επίδοση.....	88
Σχήμα IV- 15. Συσχέτιση της ταχύτητας της ποδοκνημικής στην προσγείωση με την πραγματική επίδοση.	88
Σχήμα IV- 16. Συσχέτιση της οριζόντιας ταχύτητας του ΚΜΣ στην προσγείωση με την πραγματική επίδοση.	88
Σχήμα IV- 17. Συσχέτιση της ταχύτητας του ΚΜΣ στην προσγείωση με την πραγματική επίδοση.....	89
Σχήμα IV- 18. Συσχέτιση του κέρδους σε κατακόρυφη ταχύτητα του ΚΜΣ κατά τη στήριξη με την πραγματική επίδοση.....	89
Σχήμα IV- 19. Συσχέτιση της οριζόντιας απόστασης προσγείωσης του ΚΜΣ με την πραγματική επίδοση.	89
Σχήμα IV- 20. Συσχέτιση της γωνίας τοποθέτησης του ποδιού στην προσγείωση με την πραγματική επίδοση.	89
Σχήμα IV- 21. Συσχέτιση της μέγιστης δρομικής ταχύτητας στα 30m με επερχόμενη ταχύτητα με την πραγματική επίδοση.....	89
Σχήμα IV- 22. Συσχέτιση της οριζόντιας ταχύτητας του ΚΜΣ στη μέγιστη κάμψη του γονάτου.	89
Σχήμα IV- 23. Συσχέτιση της ταχύτητας του ΚΜΣ στη μέγιστη κάμψη του γονάτου με την πραγματική επίδοση.	90
Σχήμα IV- 24. Συσχέτιση της μέσης κατακόρυφης μετατόπισης στη φάση στήριξης με την πραγματική επίδοση.	90
Σχήμα IV- 25. Συσχέτιση της μέγιστης ισοκινητικής ροπής του γονάτου σε ομόκεντρη συστολή στις 300° /s ανά kg σωματικού βάρους με την πραγματική επίδοση.	90
Σχήμα IV- 26. Συσχέτιση της μέσης γωνιακής ταχύτητας της άρθρωσης του γονάτου στη φάση υποχώρησης του ποδιού στήριξης με την πραγματική επίδοση.....	90

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

KMΣ	Center of Gravity (CG) Κέντρο μάζας σώματος
TD	Touch down Στιγμή προσγείωσης
TO	Take off Στιγμή απογείωσης
MKF	Maximum knee flexion Στιγμή της μέγιστης κάμψης του γονάτου στο πόδι στήριξης
MyCG	Minimum vertical position of center of gravity Η χαμηλότερη θέση του ΚΜΣ στον κατακόρυφο άξονα
CO	Compression phase of supporting leg Φάση υποχώρησης του ποδιού στήριξης (από την TD μέχρι την MKF)
EXT	Extension phase of supporting leg Φάση έκτασης του ποδιού στήριξης (από την MKF μέχρι την TO)
realper	Real performance Πραγματική επίδοση ή πραγματική απόσταση (η επίσημη επίδοση συν την απόσταση μεταξύ πατήματος για απογείωση και πίσω χείλους της βαλβίδας)
sj	Squat jump Άλμα από ημικάθισμα
cmj	Counter movement jump Άλμα με αντίθετη κίνηση
dj40	Drop jump from 40cm level Άλμα βάθους από ύψος 40cm
dj80	Drop jump from 80cm level Άλμα βάθους από ύψος 80cm
kcoex60	Isokinetic peak torque of the knee at 60 °/s concentric extension Μέγιστη ισοκινητική ροπή του γονάτου σε ομόκεντρη συστολή στις 60 °/s
kcoex300	Isokinetic peak torque of the knee at 300 °/s concentric extension Μέγιστη ισοκινητική ροπή του γονάτου σε ομόκεντρη συστολή στις 300 °/s
kecex60	Isokinetic peak torque of the knee at 60 °/s eccentric extension Μέγιστη ισοκινητική ροπή του γονάτου σε έκκεντρη συστολή στις 60 °/s
kecex300	Isokinetic peak torque of the knee at 300 °/s eccentric extension Μέγιστη ισοκινητική ροπή του γονάτου σε έκκεντρη συστολή στις 300 °/s
cplan60	Isokinetic peak torque at 60 °/s concentric plantar flexion Μέγιστη ισοκινητική ροπή σε ομόκεντρη πελματιαία κάμψη στις 60 °/s

cplan120	Isokinetic peak torque at 120 °/s concentric plantar flexion Μέγιστη ισοκινητική ροπή σε ομόκεντρη πελματιαία κάμψη στις 120 °/s
eplan60	Isokinetic peak torque at 60 °/s eccentric plantar flexion Μέγιστη ισοκινητική ροπή σε έκκεντρη πελματιαία κάμψη στις 60 °/s
eplan120	Isokinetic peak torque at 120 °/s eccentric plantar flexion Μέγιστη ισοκινητική ροπή σε έκκεντρη πελματιαία κάμψη στις 120 °/s
fly30m	Flying start running Δρόμος με επερχόμενη ταχύτητα
V _{apr}	Velocity of approach Ταχύτηταφοράς
V _{X(TO)}	Horizontal Velocity of CG at take-off Οριζόντια ταχύτητα απογείωσης του ΚΜΣ
V _{Y(TO)}	Vertical Velocity of CG at take-off Κατακόρυφη ταχύτητα απογείωσης του ΚΜΣ
V _(TO)	Velocity of CG at take-off Ταχύτητα απογείωσης του ΚΜΣ
A _{CG(TO)}	Angle of CG at take-off Γωνία απογείωσης του ΚΜΣ
T _{fl}	Duration of the last flight Διάρκεια της τελευταίας φάσης πτήσης
L _{str}	Length of last stride Μήκος του τελευταίου διασκελισμού
T _{sup}	Duration of the last support Διάρκεια της τελευταίας στήριξης
T _(CO)	Duration of the compression phase Διάρκεια της φάσης υποχώρησης του ποδιού
rAknee _(CO)	Angle range of the knee at compression phase Γωνιακή μετατόπιση της άρθρωσης του γονάτου στη φάση υποχώρησης
Aknee _(TD)	Angle of the knee at TD Γωνία του γονάτου στην προσγείωση του ποδιού
Aknee _(TO)	Angle of the knee at take-off Γωνία του γονάτου στην απογείωση
Aknee _(MKF)	Angle of the knee at the MKF Γωνία του γονάτου στη μέγιστη κάμψη του
D _{Y(TD - MyCG)}	Vertical displacement of the CG lowering Κατακόρυφη μετατόπιση της καθοδικής κίνησης του ΚΜΣ
D _{Y(MyCG - TO)}	Vertical displacement of the CG raising Κατακόρυφη μετατόπιση της ανοδικής κίνησης του ΚΜΣ
H _(TD)	Height of the CG at TD Ύψος του ΚΜΣ στην προσγείωση του ποδιού
H _(TO)	Height of the CG at TO Ύψος του ΚΜΣ στην απογείωση

$V_{X(\text{ankleTD})}$	Horizontal Velocity of the ankle at TD Οριζόντια ταχύτητα της ποδοκνημικής στην προσγείωση
$V_{Y(\text{ankleTD})}$	Vertical Velocity of the ankle at TD Κατακόρυφη ταχύτητα της ποδοκνημικής στην προσγείωση
$V_{(\text{ankleTD})}$	Velocity of the ankle at TD
$V_{X(\text{TD})}$	Ταχύτητα της ποδοκνημικής στην προσγείωση Horizontal Velocity of the CG at TD
$V_{Y(\text{TD})}$	Vertical Velocity of the CG at TD Κατακόρυφη ταχύτητα του ΚΜΣ στην προσγείωση
$V_{(\text{TD})}$	Velocity of the CG at TD
lossVx	Ταχύτητα του ΚΜΣ στην προσγείωση Loss in horizontal velocity of CG during support
gainVy	Απώλεια σε οριζόντια ταχύτητα του ΚΜΣ κατά τη στήριξη Gain in vertical velocity during support
Vchange	Κέρδος σε κατακόρυφη ταχύτητα του ΚΜΣ κατά τη στήριξη Change in resultant velocity during support
$D_{X(\text{Ankle} - \text{CGTD})}$	Μεταβολές στη συνισταμένη ταχύτητα του ΚΜΣ κατά τη στήριξη Touch-down distance
$D_{X(\text{CG} - \text{footTO})}$	Οριζόντια απόσταση προσγείωσης του ΚΜΣ (η οριζόντια απόσταση του ΚΜΣ από την ποδοκνημική του ποδιού στήριξης τη στιγμή TD) Take-off distance
$A_{(\text{TD})}$	Οριζόντια απόσταση απογείωσης του ΚΜΣ (η οριζόντια απόσταση του ΚΜΣ από τα δάχτυλα του ποδιού στήριξης τη στιγμή TO) Planting Angle of the leg at TD
$A_{(\text{TO})}$	Γωνία τοποθέτησης του ποδιού στην προσγείωση (η οξεία γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του οριζόντιου επιπέδου και της γραμμής που συνδέει το ΚΜΣ με την ποδοκνημική του ποδιού στήριξης τη στιγμή TD) Take off angle of the leg at TO
$T_{(\text{EXT})}$	Γωνία απογείωσης του ποδιού (η οξεία γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του οριζόντιου επιπέδου και της γραμμής που συνδέει το ΚΜΣ με τα δάχτυλα του ποδιού στήριξης τη στιγμή TO) Duration of extension phase of the leg
$rV_{X(\text{ankle}) \text{ TD}}$	Διάρκεια της φάσης έκτασης του ποδιού Relative horizontal ankle velocity at TD
Vfly30m	Οριζόντια ταχύτητα της ποδοκνημικής σε σχέση με το ΚΜΣ στην προσγείωση Average velocity at 30m flying start running
paV(knee)fl	Μέση δρομική ταχύτητα στα 30m με επερχόμενη ταχύτητα Peak angular velocity of knee flexion
	Μέγιστη γωνιακή ταχύτητα κάμψης του γονάτου

paV(knee)ex	Peak angular velocity of knee extension Μέγιστη γωνιακή ταχύτητα έκτασης του γονάτου
paV(hip)fl	Peak angular velocity of hip flexion Μέγιστη γωνιακή ταχύτητα κάμψης του ισχίου
paV(hip)ex	Peak angular velocity of hip extension Μέγιστη γωνιακή ταχύτητα έκτασης του ισχίου
paV(ankle)fl	Peak angular velocity of ankle flexion Μέγιστη γωνιακή ταχύτητα ραχιαίας κάμψης του άκρου ποδιού
paV(ankle)ex	Peak angular velocity of ankle extension Μέγιστη γωνιακή ταχύτητα πελματιαίας κάμψης του άκρου ποδιού
H _(MKF)	Height of CG at MKF Ύψος του ΚΜΣ στη μέγιστη κάμψη του γονάτου
Y _(CO)	Vertical displacement during compression phase Κατακόρυφη μετατόπιση του ΚΜΣ στη φάση υποχώρησης του ποδιού στήριξης
Y _(EXT)	Vertical displacement during extension phase Κατακόρυφη μετατόπιση του ΚΜΣ στη φάση έκτασης του ποδιού στήριξης
V _{X(MKF)}	Instant horizontal velocity of CG at MKF Οριζόντια ταχύτητα του ΚΜΣ στη μέγιστη κάμψη του γονάτου
V _{Y(MKF)}	Instant vertical velocity of CG at MKF Κατακόρυφη ταχύτητα του ΚΜΣ στη μέγιστη κάμψη του γονάτου
V _(MKF)	Instant velocity of CG at MKF Ταχύτητα του ΚΜΣ στη μέγιστη κάμψη του γονάτου
A _{hip(TD)}	Angle of the Hip at TD Γωνία του ισχίου στην προσγείωση
A _{hip(MKF)}	Angle of the Hip at MKF Γωνία του ισχίου στη μέγιστη κάμψη του γονάτου
A _{hip(TO)}	Angle of the Hip at TO Γωνία του ισχίου στην απογείωση
A _{ankle(TD)}	Angle of the ankle at TD Γωνία της ποδοκνημικής στην προσγείωση
A _{ankle(MKF)}	Angle of the ankle at MKF Γωνία της ποδοκνημικής στη μέγιστη κάμψη του γονάτου
A _{ankle(TO)}	Angle of the ankle at TO Γωνία της ποδοκνημικής στην απογείωση
rA _{hip(CO)}	Angle range of the hip at CO Γωνιακή μετατόπιση της άρθρωσης του ισχίου στη φάση υποχώρησης
rA _{hip(EXT)}	Angle range of the hip at EXT Γωνιακή μετατόπιση της άρθρωσης του ισχίου στη φάση έκτασης
rA _{ankle(CO)}	Angle range of the ankle at CO Γωνιακή μετατόπιση της ποδοκνημικής άρθρωσης στη φάση υποχώρησης

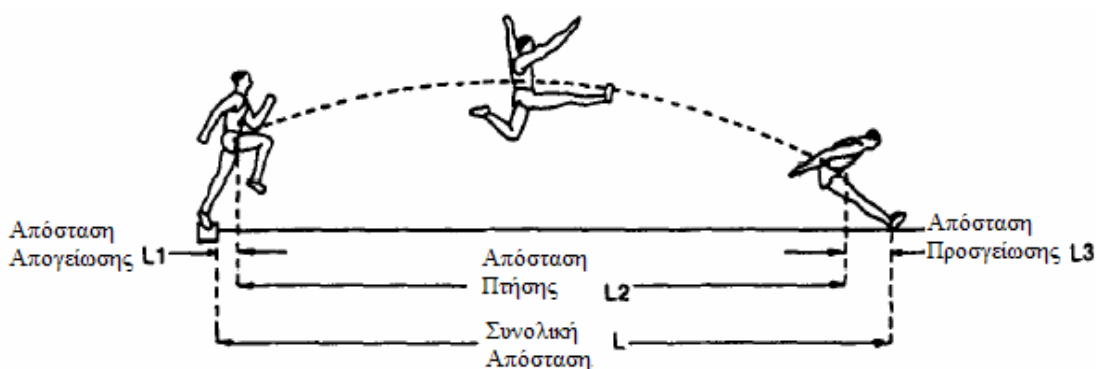
$rA_{\text{ankle}}(\text{EXT})$	Angle range of the ankle at EXT Γωνιακή μετατόπιση της ποδοκνημικής άρθρωσης στη φάση έκτασης
$rA_{\text{knee}}(\text{EXT})$	Angle range of the knee at extension phase Γωνιακή μετατόπιση της άρθρωσης του γονάτου στη φάση έκτασης
$Y_{(\text{TD} - \text{TO})}$	Average vertical displacement at support Μέση κατακόρυφη μετατόπιση στη φάση στήριξης
$V_{y(\text{CO})}$	Average vertical velocity of CG during compression phase Μέση κατακόρυφη ταχύτητα του ΚΜΣ στη φάση υποχώρησης του ποδιού
$V_{y(\text{EXT})}$	Average vertical velocity of CG during extension phase Μέση κατακόρυφη ταχύτητα του ΚΜΣ στη φάση έκτασης του ποδιού
$k_{\text{coex60/bw}}$	Isokinetic peak torque of the knee at 60 °/s concentric extension per body weight Μέγιστη ισοκινητική ροπή του γονάτου σε ομόκεντρη συστολή στις 60 °/s ανά kg σωματικού βάρους
$k_{\text{coex300/bw}}$	Isokinetic peak torque of the knee at 300 °/s concentric extension per body weight Μέγιστη ισοκινητική ροπή του γονάτου σε ομόκεντρη συστολή στις 300 °/s ανά kg σωματικού βάρους
$k_{\text{ecex60/bw}}$	Isokinetic peak torque of the knee at 60 °/s eccentric extension per body weight Μέγιστη ισοκινητική ροπή του γονάτου σε έκκεντρη συστολή στις 60 °/s ανά kg σωματικού βάρους
$k_{\text{ecex300/bw}}$	Isokinetic peak torque of the knee at 300 °/s eccentric extension per body weight Μέγιστη ισοκινητική ροπή του γονάτου σε έκκεντρη συστολή στις 300 °/s ανά kg σωματικού βάρους
$c_{\text{plan60/bw}}$	Isokinetic peak torque at 60 °/s concentric plantar flexion per body weight Μέγιστη ισοκινητική ροπή σε ομόκεντρη πελματιαία κάμψη στις 60 °/s ανά kg σωματικού βάρους
$c_{\text{plan120/bw}}$	Isokinetic peak torque at 120 °/s concentric plantar flexion per body weight Μέγιστη ισοκινητική ροπή σε ομόκεντρη πελματιαία κάμψη στις 120 °/s ανά kg σωματικού βάρους
$e_{\text{plan60/bw}}$	Isokinetic peak torque at 60 °/s eccentric plantar flexion per body weight Μέγιστη ισοκινητική ροπή σε έκκεντρη πελματιαία κάμψη στις 60 °/s ανά kg σωματικού βάρους
$e_{\text{plan120/bw}}$	Isokinetic peak torque at 120 °/s eccentric plantar flexion per body weight Μέγιστη ισοκινητική ροπή σε έκκεντρη πελματιαία κάμψη στις 120 °/s ανά kg σωματικού βάρους

$aV_{knee(CO)}$	Average angular velocity of the knee at compression phase Μέση γωνιακή ταχύτητα της άρθρωσης του γονάτου στη φάση υποχώρησης του ποδιού στήριξης
$aV_{knee(EXT)}$	Average angular velocity of the knee at extension phase Μέση γωνιακή ταχύτητα της άρθρωσης του γονάτου στη φάση έκτασης του ποδιού στήριξης
$aV_{hip(CO)}$	Average angular velocity of the hip at compression phase Μέση γωνιακή ταχύτητα της άρθρωσης του ισχίου στη φάση υποχώρησης του ποδιού στήριξης
$aV_{hip(EXT)}$	Average angular velocity of the hip at extension phase Μέση γωνιακή ταχύτητα της άρθρωσης του ισχίου στη φάση έκτασης του ποδιού στήριξης
$aV_{ankle(CO)}$	Average angular velocity of the ankle at compression phase Μέση γωνιακή ταχύτητα της ποδοκνημικής άρθρωσης στη φάση υποχώρησης του ποδιού στήριξης
$aV_{ankle(EXT)}$	Average angular velocity of the ankle at extension phase Μέση γωνιακή ταχύτητα της ποδοκνημικής άρθρωσης στη φάση έκτασης του ποδιού στήριξης
L_{str}/h	Length of last stride per height Μήκος του τελευταίου διασκελισμού ως προς το ανάστημα
$Dx_{(Ankle - CGTD)}/h$	Touch-down distance per height Οριζόντια απόσταση προσγείωσης του ΚΜΣ ως προς το ανάστημα
$Dx_{(CG - footTO)}/h$	Take-off distance per height Οριζόντια απόσταση απογείωσης του ΚΜΣ ως προς το ανάστημα
mean	Μέση τιμή
SD	Standard deviation Τυπική απόκλιση

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η επίδοση στο άλμα σε μήκος καθορίζεται από την «επίσημη απόσταση», που είναι η απόσταση από το μπροστινό χείλος της βαλβίδας μέχρι το κοντινότερο ίχνος που αφήνει ο άλτης στην άμμο. Εκτός όμως από την «επίσημη απόσταση», που μετριέται σύμφωνα με τους κανονισμούς του αγωνίσματος, υπάρχει και η «πραγματική απόσταση» (effective distance), που ορίζεται ως η οριζόντια απόσταση που πήδησε ο αθλητής, μετρημένη από τα δάχτυλα του ποδιού στήριξης κατά την απογείωση μέχρι το κοντινότερο ίχνος που αφήνει ο αθλητής στην άμμο κατά την προσγείωση. Η διάκριση αυτή γίνεται για ακριβέστερη ανάλυση της τεχνικής του άλματος και τη νομοτελειακή σύνδεση των βιομηχανικών παραμέτρων με την επίδοση στο άλμα. Έτσι, για τη βιομηχανική αξιολόγηση του άλματος σε μήκος ως επίδοση λαμβάνεται η πραγματική απόσταση του άλματος.

Η απόσταση αυτή, σύμφωνα με το μοντέλο του Hay (1978) είναι άθροισμα τριών επιμέρους αποστάσεων: α) απόσταση απογείωσης (η οριζόντια απόσταση μεταξύ των δαχτύλων του ποδιού στήριξης και της προβολής του ΚΜΣ τη στιγμή της απογείωσης), β) απόσταση πτήσης (η οριζόντια απόσταση που καλύπτει το ΚΜΣ όταν ο αθλητής βρίσκεται στον αέρα) και γ) απόσταση προσγείωσης (η οριζόντια απόσταση μεταξύ της προβολής του ΚΜΣ τη στιγμή που οι φτέρνες ακουμπούν στην άμμο και του ίχνους στην άμμο από το οποίο πραγματοποιείται η μέτρηση).



Σχήμα 1. Οι τρεις αποστάσεις της συνολικής επίδοσης (L) στο άλμα σε μήκος (L1 = απόσταση απογείωσης, L2 = απόσταση πτήσης, L3 = απόσταση προσγείωσης) (Τροποποιημένο από Hay, 1978).

Οι αποστάσεις αυτές, απογείωσης, πτήσης και προσγείωσης, εκφρασμένες σε εκατοστιαίες αναλογίες της επίσημης απόστασης συνεισφέρουν 3,5 %, 88,5 % και 8,0 % αντίστοιχα στην επίδοση του άλματος σε μήκος (Hay, 1978). Είναι εμφανές λοιπόν ότι σπουδαιότερη και καθοριστική συνιστώσα για την επίδοση είναι η απόσταση πτήσης, που αντιπροσωπεύει το βεληνεκές της «πλάγιας βολής» του ΚΒΣ του άλτη.

Εφόσον πρόκειται για βολή, το μέγεθος της απόστασης πτήσης και κατ' επέκταση και η επίδοση του άλματος επηρεάζονται κυρίως από την ταχύτητα απογείωσης (κατακόρυφη και οριζόντια ταχύτητα του ΚΜΣ), τη γωνία απογείωσης (γωνία του ΚΜΣ με το οριζόντιο επίπεδο) και από το σχετικό ύψος απογείωσης (η διαφορά μεταξύ των υψών του ΚΜΣ στην απογείωση και στην προσγείωση).

Η ταχύτητα απογείωσης και η γωνία απογείωσης καθορίζονται από το συνδυασμό των τιμών της οριζόντιας και της κατακόρυφης ταχύτητας του ΚΜΣ κατά την απογείωση. Η οριζόντια ταχύτητα του ΚΜΣ είναι αποτέλεσμα κυρίως της ταχύτητας μετακίνησης του αθλητή κατά τη φορά του άλματος (μέχρι τη φάση απογείωσης), ενώ η κατακόρυφη ταχύτητα είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης του ποδιού ώθησης με το έδαφος κατά τη φάση απογείωσης. Το πόδι στήριξης αναπτύσσει δυνάμεις, μέσω του κύκλου διάτασης – βράχυνσης, και τις εφαρμόζει σε κατακόρυφη κατεύθυνση για να προσδώσει κατακόρυφη ταχύτητα στο ΚΜΣ, μετατρέποντας μέρος της κινητικής ενέργειας που έχει αποκτηθεί μέχρι την αρχή της φάσης απογείωσης (λόγω της οριζόντιας ταχύτητας της φοράς) σε δυναμική ενέργεια. Ως αποτέλεσμα έχουμε τη μείωση της οριζόντιας ταχύτητας του ΚΜΣ και σε αντιστάθμισμα αυτού την απόκτηση κατακόρυφης ταχύτητας, απαραίτητης για την πραγματοποίηση του άλματος. Η αποτελεσματικότητα της δράσης του ποδιού στήριξης στη φάση αυτή υποβοηθείται από τις κινήσεις των χεριών και του ποδιού αιώρησης, ενώ το μέγεθος, διεύθυνση και διάρκεια των εφαρμοζόμενων δυνάμεων έχουν σχέση με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των τριών τελευταίων διασκελισμών της φοράς και με τις ικανότητες του αθλητή για διατήρηση όσο γίνεται υψηλότερης οριζόντιας ταχύτητας μέχρι την τελευταία στήριξη και ανάπτυξη υψηλής έκκεντρης και ομόκεντρης συστολής του ποδιού στήριξης (Lees, Graham-Smith, & Fowler, 1994).

Αρκετές έρευνες έχουν εξετάσει τα κινηματικά και ενεργειακά χαρακτηριστικά της φοράς του άλματος σε μήκος, όσο και της φάσης απογείωσης. Οι παραπάνω έρευνες ασχολούνται κυρίως με τους άνδρες και γυναίκες πρωταθλητές του άλματος σε μήκος, ενώ υπάρχουν και ελάχιστες για αθλητές μικρότερης ηλικίας (Berg & Greer, 1995; Lees et al., 1994).

Πέραν όμως των τεχνικών χαρακτηριστικών, που περιγράφουν και καθορίζουν την επίδοση του άλματος σε μήκος, υποθέτουμε ότι σημαντικός είναι και ο παράγοντας των φυσικών ικανοτήτων (δύναμη των κάτω άκρων και μέγιστη δρομική ταχύτητα), καθώς φαίνεται λογικό ότι η ύπαρξη υψηλού δυναμικού αυτών των ικανοτήτων συνεισφέρει θετικά στην εκδήλωσή τους στην αθλητική προσπάθεια (άλμα σε μήκος), διαμέσου της αθλητικής τεχνικής (οριζόντια ταχύτητα στις τελευταίες στηρίξεις της φοράς και αναπτυσσόμενη δύναμη για την απόκτηση κατακόρυφης ταχύτητας στη φάση απογείωσης). Αυτή η υπόθεση αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον, όταν αναφερόμαστε σε αθλητές της αναπτυξιακής ηλικίας, γιατί ανακάλυψη τυχόν συσχετίσεων μεταξύ των δυναμικών ικανοτήτων και των παραγόντων της επίδοσης στο άλμα σε μήκος οδηγεί αφενός μεν στη βελτίωση της διαδικασίας σχεδιασμού και καθοδήγησης της προπονητικής διαδικασίας, αφετέρου δε στη διευκόλυνση του έργου της ανίχνευσης ταλέντων με τον καθορισμό συγκεκριμένων δοκιμασιών ελέγχου.

Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί κατά πόσο η ισχύς των κάτω άκρων (δρομική ταχύτητα, δύναμη των κάτω άκρων) επιδρά στη διακύμανση των επιδόσεων στο άλμα σε μήκος αθλητών της αναπτυξιακής ηλικίας και ποια από τα τεχνικά χαρακτηριστικά συσχετίζονται περισσότερο με την επίδοση στο άλμα σε μήκος. Συγκεκριμένα εξετάστηκε ποιος είναι ο βαθμός επίδρασης της αλτικής ικανότητας, της μέγιστης δρομικής ταχύτητας και της μέγιστης ισοκινητικής ροπής των εκτεινόντων του ισχίου και των εκτελούντων πελματιαία κάμψη στην επίδοση στο άλμα σε μήκος και ποιος ο βαθμός συνεισφοράς των κινηματικών χαρακτηριστικών της φάσης απογείωσης του άλματος στη διαμόρφωση της πραγματικής επίδοσης στο άλμα σε μήκος ελλήνων νεαρών αθλητών.

Σημασία της έρευνας

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δίνουν καινούργια και μοναδικά στοιχεία για τον τρόπο εκδήλωσης του δυναμικού των φυσικών ικανοτήτων των νεαρών αθλητών του μήκους στην αθλητική τους προσπάθεια και βοηθούν στην ανάλυση της επίδοσης του άλματος σε μήκος στην αναπτυξιακή ηλικία.

Οι συσχετίσεις που προκύπτουν μεταξύ των επιδόσεων στις δοκιμασίες αξιολόγησης των ταχυδυναμικών ικανοτήτων και των κινηματικών παραμέτρων με την επίδοση στο άλμα σε μήκος μπορούν να οδηγήσουν στη βελτίωση του σχεδιασμού και της καθοδήγησης της

προπονητικής διαδικασίας, και να χαράξουν νέες προοπτικές στη διαδικασία ανίχνευσης και επιλογής ταλέντων στο άλμα σε μήκος.

Τα πορίσματα της έρευνας μπορούν να χρησιμοποιηθούν από την ελληνική ομοσπονδία κλασικού αθλητισμού και ειδικότερα από τους προπονητές που εργάζονται στην ανάπτυξη και στην προαγωγή νέων αθλητών.

Περιορισμοί της έρευνας

Για οργανωτικούς λόγους, μελετήθηκε το άλμα σε μήκος μόνο νεαρών αρρένων αλτών (αν και θα είχε ενδιαφέρον και αντίστοιχη μελέτη θηλέων αλτών).

Η μελέτη των τεχνικών χαρακτηριστικών επικεντρώθηκε στα κινηματικά χαρακτηριστικά της φάσης απογείωσης.

Οριοθέτηση της έρευνας

1. Οι συμμετέχοντες ήταν εν ενεργεία νεαροί άλτες του μήκους (14-18 χρονών). Οι περισσότεροι ανήκαν στην ομάδα 2002 του Σ.Ε.Γ.Α.Σ.
2. Οι συμμετέχοντες δεν είχαν πρόσφατο τραυματισμό.
3. Οι μετρήσεις για τα τεχνικά χαρακτηριστικά έγιναν σε αγωνιστικές συνθήκες.

Θεωρητικοί και λειτουργικοί ορισμοί

Αλτική ικανότητα – κατακόρυφα άλματα: Η ικανότητα σε εκρηκτική δύναμη των κάτω άκρων που μετριέται με άλματα. Τα εξεταζόμενα άλματα ήταν κατακόρυφα (άλμα από ημικάθισμα, άλμα με αντίθετη κίνηση, άλμα βάθους με πτώση από ύψος 40 cm, άλμα βάθους με πτώση από ύψος 80 cm).

Έκκεντρη μυϊκή συστολή: Η μηχανική συνθήκη στην οποία η ροπή αντίστασης είναι μεγαλύτερη από τη μυϊκή ροπή και ως επακόλουθο έχουμε την επιμήκυνση του μυός (ανθιστάμενο έργο).

Ισοκινητική αξιολόγηση: Αξιολόγηση κινήσεων που διεξάγονται υπό συνθήκες στις οποίες η γωνιακή ταχύτητα του μετακινούμενου μέλους του σώματος είναι σταθερή. Το πρωτόκολλο αξιολόγησης περιλάμβανε ομόκεντρη και έκκεντρη συστολή των εκτεινόντων του γονάτου στις 60 και 300 %/s και ομόκεντρη και έκκεντρη συστολή των εκτελούντων πελματιαία κάμψη στην ποδοκνημική στις 60 και 120 %/s.

Ισχύς των κάτω άκρων – ταχυδυναμικές ικανότητες: Ως ισχύς των κάτω άκρων νοείται η παραγωγή μυϊκού έργου των ποδιών διά του απαιτούμενου χρόνου, ή η παραγωγή δύναμης επί την ταχύτητα εκδήλωσής της. Σύμφωνα με την καμπύλη του Hill, αν αυξηθεί πολύ η δύναμη εις βάρος της ταχύτητας εκδήλωσής της τότε οδεύουμε προς στατικές προσπάθειες, ενώ αν η παραγόμενη δύναμη είναι μικρή (υπερνίκηση μικρής αντίστασης) και η ταχύτητα εκδήλωσής της μεγάλη τότε έχουμε εκρηκτικές προσπάθειες. Η παραπάνω φυσική ικανότητα στην προπονητική είναι γνωστή ως ταχυδύναμη (ταχυδυναμική ικανότητα). Στην παρούσα εργασία, για τη μέτρηση της ισχύος των κάτω άκρων χρησιμοποιήθηκαν κατακόρυφα άλματα βάθους, δρόμος ταχύτητας με επερχόμενη ταχύτητα και ισοκινητική αξιολόγηση των ποδιών.

Κινηματικά χαρακτηριστικά: τα χαρακτηριστικά που περιγράφουν μια κίνηση χωρίς να εξετάζουν τα αίτια (δυνάμεις, ροπές) που την προκαλούν, και ως τέτοια νοούνται η μετατόπιση, ταχύτητα και επιτάχυνση.

Ομόκεντρη συστολή: Η μηχανική συνθήκη στην οποία η μυϊκή ροπή είναι μεγαλύτερη από τη ροπή αντίστασης και ως επακόλουθο έχουμε την ενεργή βράχυνση του μυός (έργο υπερνίκησης).

Μηδενικές υποθέσεις

Οι κύριες μηδενικές υποθέσεις της παρούσας έρευνας ήταν οι ακόλουθες:

1. Η επίδοση των αθλητών στο δρόμο ταχύτητας δεν παρουσιάζει συσχέτιση με την επίδοση στο άλμα σε μήκος.
2. Η αλτική ικανότητα των αθλητών δεν παρουσιάζει συσχέτιση με την επίδοση στο άλμα σε μήκος.
3. Οι επιδόσεις των αθλητών στις ισοκινητικές δοκιμασίες δεν παρουσιάζουν συσχέτιση με την επίδοση στο άλμα σε μήκος.
4. Οι χρονικές παράμετροι της φάσης απογείωσης δεν παρουσιάζουν συσχέτιση με την επίδοση στο άλμα σε μήκος.
5. Οι γραμμικές μετατοπίσεις της φάσης απογείωσης δεν παρουσιάζουν συσχέτιση με την επίδοση στο άλμα σε μήκος.

6. Οι γωνίες σε κρίσιμες στιγμές της φάσης στήριξης και οι γωνιακές μετατοπίσεις της φάσης απογείωσης δεν παρουσιάζουν συσχέτιση με την επίδοση στο άλμα σε μήκος.
7. Οι γραμμικές ταχύτητες της φάσης απογείωσης δεν παρουσιάζουν συσχέτιση με την επίδοση στο άλμα σε μήκος.
8. Οι γωνιακές ταχύτητες (κορυφώσεις και μέσες) της φάσης απογείωσης δεν παρουσιάζουν συσχέτιση με την επίδοση στο άλμα σε μήκος.
9. Δεν υπάρχουν σημαντικά μοντέλα πολλαπλής παλινδρόμησης για την πρόβλεψη της επίδοσης στο άλμα σε μήκος.

II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Το 1997, ο William Harris έθεσε το ερώτημα πώς η κινητική ενέργεια που έχει αποκτηθεί κατά τη φάση της φοράς μετατρέπεται σε άλμα σε μήκος ή σε ύψος. Συγκεκριμένα, τέθηκε το ζήτημα εάν οι αθλητές θα μπορούσαν να εκτελέσουν άλμα υπό τη θεωρητικά ιδανική γωνία απογείωσης των 45° , διατηρώντας το επίπεδο της αποκτηθείσας οριζόντιας ταχύτητας. Σε μια τέτοια περίπτωση ένας αθλητής υψηλού επιπέδου, έχοντας αποκτήσει οριζόντια ταχύτητα 10 m/s, θα έπρεπε να έχει επίδοση στα 10.2 m στο άλμα σε μήκος και 3.5 m στο άλμα σε ύψος. Στην παραπάνω ερώτηση δόθηκαν τρεις αρνητικές απαντήσεις (Barrow, 2001; Hanzely, 2001; Rex, 2001), δηλαδή ότι δεν είναι δυνατό να μετατραπεί η οριζόντια ταχύτητα σε κατακόρυφη χωρίς ενεργειακές απώλειες. Ο Barrow (2001), εξήγησε την αδυναμία αυτή αναφέροντας ότι είναι αδύνατο να αναπτυχθεί η απαιτούμενη ισχύς για την καθεμιά από αυτές τις δύο κινητικές δεξιότητες. Παράλληλα ο Rex (2001), δίνοντας την δική του εξήγηση, αναφέρει ότι οι αθλητές αδυνατούν να αξιοποιήσουν την οριζόντια ταχύτητα πλήρως, μη μπορώντας να διατηρήσουν τα επίπεδα της οριζόντιας επιτάχυνσης στην προσπάθειά τους να αποκτήσουν την απαραίτητη κατακόρυφη ταχύτητα. Με δεδομένη την ύπαρξη περιοριστικών παραγόντων για την επίτευξη καλύτερων επιδόσεων, όπως είναι η ικανότητα αύξησης της δρομικής ταχύτητας (Hay, 1993) και η ικανότητα ανάπτυξης υψηλότερων τιμών δύναμης (R. M. Alexander, 1990), προκύπτει η ανάγκη για διερεύνηση τόσο των κινηματικών όσο και δυναμικών χαρακτηριστικών του άλματος σε μήκος, με σκοπό τη βέλτιστη εκμετάλλευση των σωματικών ικανοτήτων του αθλητή.

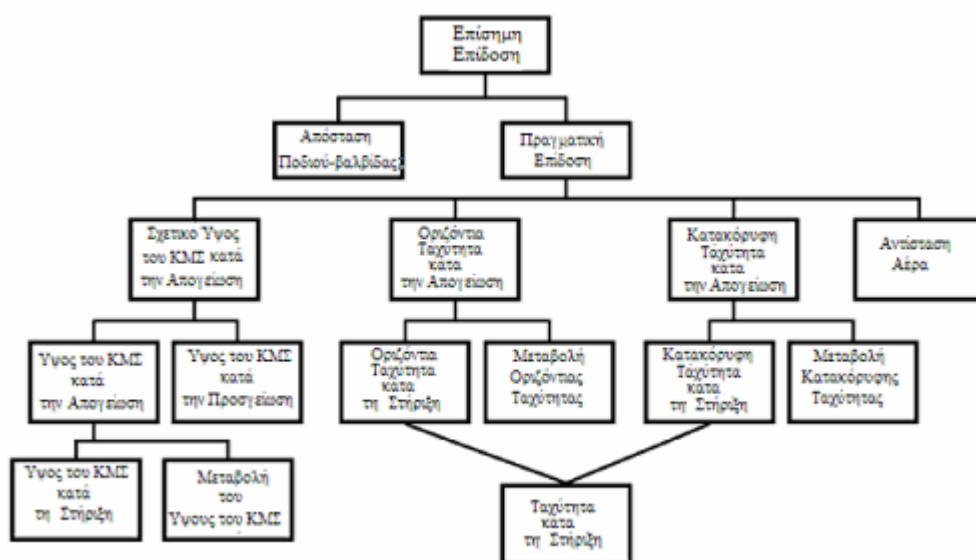
Η ανάγκη διερεύνησης τόσο των κινηματικών όσο και των δυναμικών χαρακτηριστικών του άλματος σε μήκος οδήγησε πολλούς ερευνητές εμβιομηχανικής τα τελευταία χρόνια στη μελέτη των παραπάνω χαρακτηριστικών, χρησιμοποιώντας διαφορετικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις. Κάποιοι χρησιμοποίησαν απλά μαθηματικά μοντέλα (R. M. Alexander, 1990; Seyfarth, Friedrichs, Wank, & Blickhan, 1999) και άλλοι περισσότερο σύνθετα (Hatze, 1981; Pandy, Zajac, Sim, & Levine, 1990).

Σχετικές θεωρίες

Στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν προταθεί δυο μοντέλα τα οποία προσδιορίζουν τη σχέση των μεταβλητών που επηρεάζουν την επίδοση στο άλμα σε μήκος. Το πρώτο παρουσιάστηκε από τους Hay, Miller, και Canterna (1986) και αναφέρεται ως «μοντέλο της απόδοσης» (Hay & Reid, 1988), στο οποίο συσχετίζονται διάφορες μεταβλητές της μηχανικής με την τελική επίδοση

(σχήμα 2). Το δεύτερο μοντέλο παρουσιάστηκε από τον Alexander (1990) και εξετάζει τη φάση της απογείωσης (από τη στιγμή του τελευταίου πατήματος έως και τη στιγμή της απόσπασης από το έδαφος). Και τα δύο μοντέλα συμφωνούν ότι η φάση της απογείωσης αποτελεί τη σημαντικότερη φάση του άλματος σε μήκος, δεδομένου ότι κατά τη φάση αυτή παράγεται η κατακόρυφη ταχύτητα.

Υπάρχει μια κλασική μελέτη (Hay, 1986) που παρουσιάζει μια ανασκόπηση των απόψεων προπονητών και ερευνητών σχετικά με την τεχνική του άλματος σε μήκος χωρίζοντάς το σε τέσσερις φάσεις: α) τη φάση της φοράς, β) τη φάση της απογείωσης, γ) τη φάση της πτήσης και δ) τη φάση της προσγείωσης. Η φορά εξετάζεται κυρίως σε σχέση με το μήκος της, την εκκίνηση, τη δρομική ταχύτητα, το μήκος και τη συχνότητα των διασκελισμών και την ακρίβεια της προσέγγισης (στόχευσης) στη βαλβίδα. Η απογείωση εξετάζεται σε σχέση με το πόδι στήριξης, το πόδι αιώρησης, τη θέση και το συντονισμό της κίνησης των διαφόρων μελών του σώματος, το ΚΜΣ, τις ταχύτητες και τη γωνία απογείωσης, τη διάρκεια της φάσης απογείωσης, τις δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους (GRF), τις ωθήσεις δύναμης και τη στροφορμή που αναπτύσσεται.



Σχήμα 2. Μοντέλο της επίδοσης στο άλμα σε μήκος (Τροποποιημένο από Hay *et al.*, 1986).

Φορά

Η φάση της φοράς διαρκεί από τη στιγμή της εκκίνησης του αθλητή μέχρι την στιγμή που ο αθλητής θα τοποθετήσει το πόδι ώθησης στη βαλβίδα ή μέχρι το σημείο της τελευταίας επαφής

με το έδαφος πριν από την εκτέλεση του άλματος. Στόχος αυτής της φάσης είναι να εξασφαλιστεί η εκτέλεση του τελευταίου πατήματος με ακρίβεια πάνω στη βαλβίδα, με παράλληλη ελαχιστοποίηση των απωλειών ταχύτητας, και η απόκτηση κατάλληλης θέσης του σώματος του αθλητή για απογείωση (Hay, 1988). Κατά τη διάρκεια της φοράς ο αθλητής θα πρέπει να πετύχει τρεις δύσκολους στόχους: α) απόκτηση μέγιστης ταχύτητας μέχρι τη στιγμή της απογείωσης, β) προσαρμογή της θέσης του σώματος κατά τη διάρκεια των τελευταίων διασκελισμών προκειμένου να αποκτηθεί η κατάλληλη θέση για απογείωση και γ) με ακρίβεια τοποθέτηση του ποδιού προτίμησης στη βαλβίδα με όσο το δυνατό μικρότερη απώλεια της αποκτηθείσας ταχύτητας (Hay, 1988; Hay, 1993).

Το γεγονός ότι σε έναν αγώνα άλματος σε μήκος, οι αθλητές θα πρέπει να εκτελέσουν έξι άλματα σε συνθήκες ανταγωνισμού, δημιουργεί την ανάγκη για αξιόπιστη φορά (επαναληπτικότητα της φοράς). Η προπόνηση της φάσης της φοράς, έχει ως στόχο την ανάπτυξη κινηματικών στερεότυπων (Scott, Li, & Davids, 1997). Ωστόσο οι Lee et al. (1982) μελετώντας την οπτική πληροφόρηση και τις επιδράσεις της στον έλεγχο της κίνησης έδειξαν ότι η φάση της φοράς τριών διεθνών αλτών του άλματος σε μήκος ήταν περισσότερο μεταβαλλόμενη μεταξύ των προσπαθειών, αναφορικά με την τοποθέτηση του ποδιού (footfall), απ' ό,τι πιστευόταν μέχρι τότε. Συγκεκριμένα, το τυπικό σφάλμα ως προς το σημείο τοποθέτησης του ποδιού αυξανόταν συνεχώς μέχρι και πέντε διασκελισμούς πριν από το τελευταίο πάτημα στη βαλβίδα, ενώ κατά τους τελευταίους πέντε διασκελισμούς η μεταβλητότητα μειωνόταν. Ο Hay (1988), ερευνώντας μια στρατηγική οπτικού ελέγχου της φοράς αθλητών υψηλού επιπέδου, βρήκε ότι η μεταβλητότητα πήρε τη μέγιστη τιμή της από τον 1^ο πριν από το τέλος διασκελισμό μέχρι και τον 8^ο πριν από το τέλος διασκελισμό, ενώ η μέγιστη συχνότητα (αριθμός αθλητών με μέγιστη μεταβλητότητα) εμφανίστηκε στον 5^ο πριν από το τέλος διασκελισμό. Αντίστοιχη μελέτη πραγματοποιήθηκε σε νεαρούς αθλητές (Omura, Liboshi, Koyama, Muraki, & Ae, 2005) και η μέγιστη μεταβλητότητα παρουσιάστηκε από τον 3^ο από το τέλος διασκελισμό έως τον 12^ο από το τέλος, ενώ η μεγαλύτερη συχνότητα παρουσιάστηκε στον 3^ο διασκελισμό. Οι συγγραφείς της τελευταίας μελέτης έδωσαν ως πιθανή εξήγηση της ύπαρξης των διαφορών μεταξύ των νεαρών αθλητών (Omura et al., 2005) και των αθλητών υψηλού επιπέδου (Hay, 1988) τις διαφορετικές σωματικές ικανότητες, την ταχύτητα προσέγγισης και το επίπεδο απόδοσης. Στις παραπάνω μελέτες, παρά τις διαφορές που παρουσιάζουν, παρατηρείται ένα κοινό χαρακτηριστικό κατά τη διάρκεια ανάπτυξης της φοράς. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι η μείωση της μεταβλητότητας

κατά τους τελευταίους διασκελισμούς. Η μείωση αυτή υποδηλώνει ότι οι άλτες ρυθμίζουν τη φορά τους λαμβάνοντας υπόψη οπτικά ερεθίσματα και πληροφορίες σχετικά με τη θέση της βαλβίδας και τη θέση του ίδιου του αθλητή (Hay, 1988). Οι Glize και Laurent (1997), μελετώντας τη μεταφορική κίνηση κατά τη φάση επιτάχυνσης στο δρόμο ταχύτητας και στο άλμα σε μήκος, κατέληξαν ότι προκειμένου οι αθλητές του άλματος σε μήκος να προσεγγίσουν με ακρίβεια τη βαλβίδα πραγματοποιούν διορθωτικές κινήσεις τόσο κατά τους πρώτους διασκελισμούς όσο και κατά τους τελευταίους 3 - 4 διασκελισμούς. Στην ίδια μελέτη, από τη σύγκριση των κινηματικών προτύπων έμπειρων και άπειρων νεαρών αθλητών του άλματος σε μήκος προέκυψε ότι, αν και τα κινηματικά πρότυπα ήταν παρόμοια, το αθροιστικό σφάλμα ήταν μικρότερο για τους έμπειρους αθλητές, οι οποίοι πραγματοποιούσαν νωρίτερα τις απαιτούμενες διορθωτικές κινήσεις απ' ό,τι οι άπειροι αθλητές.

Τρόποι εκκίνησης: Χρησιμοποιούνται δύο τρόποι εκκίνησης που διευκολύνουν την ανάπτυξη της ταχύτητας:

1. Σταθερή εκκίνηση, στην οποία ο άλτης τοποθετεί το ένα του πόδι εμπρός στο σημείο εκκίνησης και το άλλο πίσω ή και με τα δύο πόδια παράλληλα στο σημείο εκκίνησης.
2. Ελεύθερη εκκίνηση, στην οποία ο άλτης αποκτά αρχική ταχύτητα με περπάτημα ή τρέξιμο (flight start) πριν από το σημείο εκκίνησης.

Μήκος φοράς: Το μήκος της φοράς εξαρτάται από την ηλικία, το φύλο και τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά. Πολλοί ερευνητές αναφέρουν ότι το μήκος της φοράς στους άλτες υψηλού επιπέδου κυμαίνεται από 38 έως 50 m και διανύεται με 18-24 διασκελισμούς για τους άνδρες και 16 έως 22 για τις γυναίκες (Φαφούτης & Ευθυμίου, 1994).

Ταχύτητα φοράς: Θεωρείται ο πιο σημαντικός παράγοντας για την τελική επίδοση (Nigg, 1974). Πολλοί ερευνητές έχουν συσχετίσει την ταχύτητα της φοράς με την επίσημη ή την πραγματική απόσταση του άλματος (Luhtanen & Komi, 1979; Siluyanov & Maximov, 1978). Τα αποτελέσματα των συσχετίσεων αυτών, που αναφέρονται κυρίως στους πρωταθλητές, είναι αντικρουόμενα. Μερικές έρευνες (Hay et al., 1986; Hay & Nohara, 1990; Nixdorf & Brüggemann, 1990) αναφέρουν σημαντικές θετικές συσχετίσεις, άλλες (Brüggemann & Susanka, 1987) αναφέρουν ασθενείς θετικές συσχετίσεις, και άλλες (Koh & Hay, 1990; Lees, Fowler, & Derby, 1993; Nixdorf & Brüggemann, 1990) αναφέρουν μη σημαντικές συσχετίσεις. Όμως όλα τα αποτελέσματα δεν είναι συγκρίσιμα, λόγω των διαφορετικών τρόπων μέτρησης της οριζόντιας ταχύτητας (οριζόντια ταχύτητα μετρούμενη στην προσγείωση του ποδιού, «μέγιστη ταχύτητα», ή

μέση ταχύτητα στους τελευταίους διασκελισμούς ή στα τελευταία μέτρα). Επίσης, άλλοι ερευνητές έχουν δομήσει εξισώσεις παλινδρόμησης μεταξύ της ταχύτητας φοράς και της πραγματικής απόστασης του άλματος (Siluyanov & Maximov, 1978; Tiura, Aleshinskii, & Pereverzev, 1982). Η μέγιστη ταχύτητα των αλτών υψηλού επιπέδου στη φάση της φοράς επιτυγχάνεται στο τέλος της (τελευταία 5 m), ωστόσο σε πολλούς άλλες υπάρχει μείωση της ταχύτητας στα τελευταία μέτρα.

Η επίτευξη της μέγιστης ταχύτητας μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους:

1. Με σταθερή επιτάχυνση καθ' όλη τη διάρκεια της φοράς. Ο άλτης ξεκινά με μεγάλους διασκελισμούς και αυξάνει προοδευτικά την ταχύτητά του μέχρι τη βαλβίδα.
2. Με γρήγορη επίτευξη της μέγιστης ταχύτητας και διατήρησή της μέχρι τη βαλβίδα. Ο άλτης ξεκινά ως αθλητής δρόμου ταχύτητας επιτυγχάνοντας τη μέγιστη ταχύτητά του πριν από τους τέσσερις έως έξι τελευταίους διασκελισμούς και τη διατηρεί μέχρι τη βαλβίδα.
3. Με γρήγορο ενεργητικό ξεκίνημα, με ομαλή αύξηση της ταχύτητας στο μέσο της φοράς και ενεργητική αύξηση της ταχύτητας στους τελευταίους διασκελισμούς.

Σημεία ελέγχου: Τα σημεία ελέγχου είναι σημεία τοποθετημένα πάνω στο διάδρομο της φοράς, στο ύψος του έκτου ή του τέταρτου διασκελισμού πριν από το πάτημα στη βαλβίδα. Στο σημείο ελέγχου ο άλτης περνά πάντα με το πόδι ώθησης. Ιδιαίτερη σημασία για την ακρίβεια της φοράς έχει η σταθερότητα του μήκους διασκελισμού.

Δομή των τριών τελευταίων διασκελισμών: Ένας από τους παράγοντες που επηρεάζουν την επίδοση στο άλμα σε μήκος είναι η ικανότητα του αθλητή να μετατρέπει την οριζόντια ταχύτητα σε κατακόρυφη (Hay, 1988). Η προετοιμασία του σώματος για την αλλαγή της διεύθυνσης της ταχύτητας του άλτη πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια των τριών τελευταίων διασκελισμών. Κατά τη διάρκεια αυτών των διασκελισμών ο αθλητής α) προσαρμόζει τα μήκη τους, για να διορθώσει προηγούμενα λάθη κατά την ανάπτυξη της φοράς (Hay, 1988; Lee et al., 1982), β) προσαρμόζει τη θέση του σώματός του προετοιμάζοντάς το για τη φάση της απογείωσης (Derse & Stolley, 1995) και γ) προσπαθεί να αυξήσει την οριζόντια ταχύτητα, για να φτάσει στη βαλβίδα με όσο το δυνατό μεγαλύτερη και ελεγχόμενη ταχύτητα (Hay et al., 1986).

Στη διεθνή βιβλιογραφία έχει γίνει πολύ συζήτηση για τους 3-4 τελευταίους διασκελισμούς της φοράς (Dick, 1978; Doolittle, 1982; Hay & Miller, 1985; Hay et al., 1986; Hay & Nohara, 1990; Jarver & Boase, 1984; Koh & Hay, 1990; Schmolinsky, 1983), ενώ το

μήκος των διασκελισμών καθ' όλη τη διάρκεια της φοράς μελετήθηκε από τους Berg και Greer (1995). Η πλειονότητα των συγγραφέων υποστηρίζει ότι στους περισσότερους άλτες παρατηρείται μια βράχυνση του τελευταίου διασκελισμού σε σχέση με τον προτελευταίο και επιμήκυνση του προτελευταίου σε σχέση με τον 3^ο από το τέλος. Για παράδειγμα, τα μήκη του 4^{ου}, 3^{ου} και 2^{ου} πριν από το τέλος, καθώς και του τελευταίου διασκελισμού των 12 συμμετεχουσών γυναικών στον τελικό της Ολυμπιάδας του 1984 ήταν 2.15 m, 2.19 m, 2.24 m και 2.09 m αντίστοιχα (Hay & Miller, 1985). Ωστόσο, υπάρχουν και άλτες με εξαιρετικές επιδόσεις, που παρουσιάζουν μακρύτερο τον τελευταίο διασκελισμό σε σχέση με τον προτελευταίο (Nigg, 1974).

Ο ρόλος της παραπάνω παρατηρούμενης τάσης (σχετικά με τα μήκη των τελευταίων διασκελισμών) στην επίδοση στο άλμα σε μήκος μπορεί να ελεγχθεί μόνο με τη σύγχρονη εξέταση της τροχιάς του ΚΜΣ και της προς τα μπροστά και πίσω κλίσης του σώματος στη διάρκεια των τελευταίων διασκελισμών. Στους τελευταίους διασκελισμούς της φοράς παρατηρούνται μεταβολές στο ύψος του ΚΜΣ των αθλητών. Αυτές οι μεταβολές γίνονται για να επιτυγχάνεται υψηλή κατακόρυφη ταχύτητα στη φάση της απογείωσης, με τη διατήρηση της κατακόρυφης ταχύτητας στην προσγείωση σε όσο το δυνατό χαμηλότερα επίπεδα και με την επιμήκυνση του κατακόρυφου διαστήματος επιτάχυνσης του ΚΜΣ στη διάρκεια της φάσης απογείωσης. Η μεταβολή στο ύψος του ΚΜΣ επιτυγχάνεται με το χαμήλωμα του ΚΜΣ στους δύο τελευταίους διασκελισμούς της φοράς. Η χαμηλή θέση του ΚΜΣ κατά τους τελευταίους διασκελισμούς εξασφαλίζει χαμηλή προς το έδαφος κατακόρυφη ταχύτητα (αρνητική) τη στιγμή του πατήματος, έτσι ώστε να μην απαιτείται μεγάλη προσπάθεια για την αντιστροφή της κατακόρυφης ταχύτητας προς τα πάνω (θετική), προκειμένου να πραγματοποιηθεί η απογείωση. Επιπλέον, αυτό δίνει τη δυνατότητα στο πόδι στήριξης να τοποθετηθεί μπροστά από το σώμα του αθλητή, επιτρέποντας στη συνέχεια το ΚΜΣ να περάσει πάνω από το πόδι για ανάπτυξη της απαραίτητης κατακόρυφης ταχύτητας (Nolan & Lees, 2000). Οι Hay & Nohara (1990) εξετάζοντας την απόδοση 20 ελίτ αθλητών και 26 αθλητριών του άλματος σε μήκος, από αρχεία σε φιλμ πέντε αγώνων που πραγματοποιήθηκαν από το 1983 μέχρι το 1985, βρήκαν ότι το ΚΜΣ των εξετασθέντων αθλητών χαμήλωνε κατά τη διάρκεια της πτήσης του 2^{ου} από το τέλος διασκελισμού. Στη συνέχεια, το ΚΜΣ παρέμενε χαμηλά τόσο στη φάση στήριξης του τελευταίου διασκελισμού όσο και στο πρώτο μέρος της φάσης της απογείωσης, προετοιμάζοντας τον αθλητή για την επόμενη φάση του πατήματος. Τα δεδομένα των Nixdorf και Bruggemann (1983)

αναφέρουν ένα χαμήλωμα της τάξης του 10% «του ύψους της φοράς» μεταξύ της απογείωσης στον προτελευταίο διασκελισμό και της επόμενης προσγείωσης του ποδιού.

Οι τροποποιήσεις και ρυθμίσεις των κινηματικών χαρακτηριστικών στους τελευταίους διασκελισμούς της φοράς γίνονται για τη δημιουργία ευνοϊκών προϋποθέσεων για ανάπτυξη κατακόρυφης ταχύτητας στη φάση απογείωσης (Lees et al., 1994). Στις ρυθμίσεις αυτές αναφέρονται πολλές μελέτες (Brüggemann & Susanka, 1987 ; Hay & Nohara, 1990; Lees et al., 1993; Nixdorf & Brüggemann, 1990). Παρατηρούνται και άλλες μεταβολές στις κινηματικές παραμέτρους, όπως για παράδειγμα μια γενική τάση αύξησης του χρόνου πτήσης στον προτελευταίο διασκελισμό, που συνδέεται άμεσα με τις μεταβολές του μήκους των διασκελισμών στο σημείο αυτό της τροχιάς.

Απογείωση

Η φάση απογείωσης οριοθετείται χρονικά από τη στιγμή που το προτιμώμενο πόδι έρχεται σε επαφή με τη βαλβίδα ή με το έδαφος πριν από την εκτέλεση του άλματος έως τη στιγμή που χάνεται αυτή η επαφή. Η φάση της απογείωσης θεωρείται ως η πιο κρίσιμη φάση του άλματος, διότι οι ενέργειες του άλτη κατά τη φάση αυτή επηρεάζουν τόσο τη φάση της πτήσης όσο και τη φάση της προσγείωσης (Larkins, 1989). Κύριος στόχος αυτής της φάσης είναι η όσο το δυνατό μεγαλύτερη αύξηση της κατακόρυφης ταχύτητας με παράλληλη διατήρηση της οριζόντιας ταχύτητας τη στιγμή της απογείωσης. Η ανάγκη για επίτευξη υψηλών τιμών κατακόρυφης ταχύτητας τη στιγμή της απογείωσης προκύπτει από το γεγονός ότι η κατακόρυφη ταχύτητα τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή παρουσιάζει θετική συσχέτιση με την τελική επίδοση (Luhtanen & Komi, 1979). Σύμφωνα με τους Hay (1978) και Hay και Reid (1988) η συνολική επίδοση μπορεί να διαιρεθεί στην απόσταση απογείωσης, στην απόσταση πτήσης και στην απόσταση προσγείωσης (σχήμα 1). Κάθε μια από αυτές τις αποστάσεις αλλά και η τελική επίδοση επηρεάζονται σημαντικά από τις μεταβλητές απογείωσης (Larkins, 1989). Η απόσταση απογείωσης καθορίζεται από τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά του αθλητή και τη θέση του σώματος του τη στιγμή της απογείωσης. Αν και κατά τη φάση της απογείωσης δεν είναι δυνατόν να μεταβληθούν τα σωματομετρικά του άλτη, η απόσταση απογείωσης μπορεί να επηρεαστεί από τη θέση του κεφαλιού, του λαιμού και του κορμού του (Hay & Reid, 1988).

Οι Chow και Hay (2005), χρησιμοποιώντας δεδομένα από τη διεθνή βιβλιογραφία και εφαρμόζοντας μια τεχνική προσομοίωσης της φάσης απογείωσης σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, βρήκαν ότι η επίδοση στο άλμα σε μήκος επηρεαζόταν περισσότερο από τις μεταβολές της

οριζόντιας ταχύτητας (10% αύξησή της απέδωσε 10% αύξηση στην επίδοση) παρά από τις μεταβολές της κατακόρυφης δύναμης αντίδρασης του εδάφους (VGRF) (10% αύξησή της απέδωσε 7.2% αύξηση στην επίδοση). Στην ίδια μελέτη βρέθηκε επιπλέον ότι η ταυτόχρονη θετική μεταβολή και των δυο παραμέτρων κατά 10% απέδωσε 20.4% αύξηση στην επίδοση, υποδηλώνοντας ότι αυτές οι δυο παράμετροι δεν είναι ανεξάρτητες αλλά υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ τους.

Σε μια προσπάθεια σύνδεσης όλων των μεταβολών των κινηματικών χαρακτηριστικών που προηγήθηκαν της φάσης στήριξης για απογείωση και ερμηνεία της σχέσης τους με την παραγωγή κατακόρυφης ταχύτητας, οι Lees et al. (1993) διακρίνουν τέσσερις μηχανισμούς. Οι μηχανισμοί αυτοί συμμετέχουν στην παραγωγή κατακόρυφης ταχύτητας κατά τη διάρκεια της φάσης στήριξης για απογείωση (που απαρτίζεται από δύο μικρότερες φάσεις: φάση υποχώρησης (συμπίεσης), οριζόμενη από τη στιγμή της επαφής του ποδιού με το έδαφος στην τελευταία στήριξη ως τη στιγμή της μέγιστης κάμψης του γονάτου – ΜΚΓ, και από τη φάση έκτασης του ποδιού (ανύψωσης), που ορίζεται από τη στιγμή της ΜΚΓ μέχρι τη στιγμή της απογείωσης). Σύμφωνα με αυτή τη μελέτη, στη φάση υποχώρησης το ΚΜΣ στρέφεται («πιβοτάρισμα») γύρω από το άκρο πόδι, παράγοντας κατακόρυφη ταχύτητα διαμέσου ενός καθαρά μηχανικού μηχανισμού. Στη διάρκεια της φάσης έκτασης παράγεται κατακόρυφη ταχύτητα από την προς τα πάνω ορμή των χεριών, του ποδιού αιώρησης και του κορμού, από την απελευθέρωση ελαστικής ενέργειας και από την έκλυση μυϊκής χημικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της ομόκεντρης συστολής των εκτεινόντων του ποδιού. Οι τρεις τελευταίοι μηχανισμοί δεν έχουν μελετηθεί επαρκώς, αλλά ο πρώτος, του «πιβοταρίσματος», φέρεται ως υπεύθυνος για την παραγωγή του 60% της κατακόρυφης ταχύτητας κατά τη φάση απογείωσης. Αυτός ο μηχανισμός ενισχύεται από την ικανότητα του ποδιού στήριξης να αντιστέκεται στην κάμψη του γονάτου κατά την προσγείωση (Lees et al., 1993). Οι Hay, Thorson, και Kippenhan (1999), μελετώντας τις μεταβολές του μήκους των μυών και των τενόντων των κάτω άκρων 11 αθλητριών υψηλού επιπέδου στο άλμα σε μήκος, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ενισχυμένη χρήση του κύκλου διάτασης-βράχυνσης κατά τη φάση της απογείωσης δεν συνεισφέρει σημαντικά στην επίτευξη υψηλότερων τιμών κατακόρυφης ταχύτητας. Ωστόσο στην ίδια μελέτη βρέθηκε ότι όσο περισσότερο διατεινόταν οι πρόσθιοι μηριαίοι τόσο μεγαλύτερο ήταν το όφελος στην κατακόρυφη ταχύτητα. Επίσης όσο περισσότερο και γρηγορότερα διατεινόταν οι μύες της κνήμης τόσο μεγαλύτερο ήταν το όφελος στην κατακόρυφη ταχύτητα.

Τέλος, από πολλές μελέτες προκύπτει ότι σπουδαίο ρόλο στην επίδοση του άλματος παίζει ο τρόπος τοποθέτησης (προσγείωσης) του άκρου ποδιού στο έδαφος στο τέλος του καθενός από τους τρεις τελευταίους διασκελισμούς της φοράς. Γενικά υπάρχουν δύο σχολές σχετικά με τον εφαρμοζόμενο τρόπο προσγείωσης του άκρου ποδιού. Η πρώτη υποστηρίζει μια ενεργητική (με κίνηση προς τα πίσω) προσγείωση του άκρου ποδιού (Ozolin, 1965 ; Schmolinsky, 1983; Seyfarth et al., 1999; Wilt, 1974; Young & Marino, 1984). Η ενεργητική προσγείωση περιορίζει την προς τα μπροστά οριζόντια ταχύτητα του άκρου ποδιού στην επαφή με το έδαφος, και έτσι μειώνει την οριζόντια και αντίθετη προς την πορεία της κίνησης δύναμη ανάσχεσης (GRF), σε αντίθεση με μια μη ενεργητική προσγείωση. Έτσι, αφού ασκείται μικρότερη ανασχετική δύναμη στο ΚΜΣ, οι απώλειες σε οριζόντια ταχύτητα του ΚΜΣ ελαχιστοποιούνται κατά τη διάρκεια της φάσης στήριξης. Οι εκπρόσωποι αυτής της σχολής πιστεύουν ότι η ελαχιστοποίηση των απωλειών σε οριζόντια ταχύτητα στην αρχή καθεμιάς από τις τελευταίες τρεις στηρίξεις είναι καθοριστικός παράγων επίδοσης στο άλμα.

Η δεύτερη σχολή υποστηρίζει ότι στο τέλος του τελευταίου διασκελισμού της φοράς (στήριξη για απογείωση), το άκρο πόδι στην προσγείωσή του πρέπει να συναντά το έδαφος με τρόπο «μπλοκαρίσματος» (blocking manner) (Diatchkov, 1953; Tiura et al., 1982). Σε αυτή την περίπτωση το άκρο πόδι τοποθετείται στο έδαφος με μικρή κίνηση σε σχέση με το ΚΜΣ (Hay, 1986). Έτσι το άκρο πόδι στην τελευταία στήριξη συναντά το έδαφος με μεγάλη οριζόντια ταχύτητα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή μεγάλης οριζόντιας δύναμης ανάσχεσης (GRF), που οδηγεί σε μεγάλη μείωση της οριζόντιας ταχύτητας του ΚΜΣ στην αρχή της τελευταίας στήριξης. Οι υποστηρικτές αυτού του («με μπλοκάρισμα») τρόπου προσγείωσης του άκρου ποδιού, πιστεύουν ότι έτσι ενισχύεται η ανάπτυξη κατακόρυφης ταχύτητας του ΚΜΣ στη διάρκεια της στήριξης για απογείωση, και ότι αυτό είναι σπουδαιότερος παράγοντας από την με αυτό τον τρόπο μείωση της οριζόντιας ταχύτητας του ΚΜΣ.

Η τοποθέτηση του ποδιού στήριξης για την απογείωση, σύμφωνα με τους Lees et al., (1994) πρέπει να γίνεται αρκετά μπροστά από το σώμα για να μπορούν οι μύες του ποδιού να προδιαταθούν για αποθήκευση ελαστικής ενέργειας και για να αυξηθεί η μυϊκή δύναμη διαμέσου της έκκεντρης δράσης του ποδιού. Η συνεισφορά του μηχανισμού αποθήκευσης ελαστικής ενέργειας δεν έχει εξετασθεί λεπτομερώς, αλλά η σπουδαιότητά του στην επίδοση στο άλμα σε μήκος φαίνεται αναμφίβολη (Witters, Bohets, & Coppennolle, 1992). Η τοποθέτηση του ποδιού στήριξης για την απογείωση γίνεται με το γόνατο ελαφρώς λυγισμένο, ενώ στη συνέχεια

τεντώνει πλήρως. Η διαδικασία αυτή, συμπληρωματικά με τις κινήσεις των χεριών και του ποδιού αιώρησης, αυξάνει την απόσταση εφαρμογής των κατακόρυφων δυνάμεων και κατά συνέπεια του διαστήματος επιτάχυνσης του ΚΒΣ, ενώ παράλληλα αντισταθμίζει τις απώλειες σε ταχύτητα που αναπόφευκτα συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της τοποθέτησης του ποδιού. Μολονότι είναι αδύνατο να αποφευχθεί η αρνητική επίδραση της τοποθέτησης του ποδιού (απώλεια οριζόντιας ταχύτητας), πολλοί αθλητές αποκτούν πλεονέκτημα τοποθετώντας ενεργητικά το πόδι στη βαλβίδα, με αποτέλεσμα οι δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους στην κατακόρυφη συνιστώσα να αυξάνονται (Seyfarth et al., 1999). Αν και η ανάπτυξη αυτών των δυνάμεων απορροφά πολύτιμη ενέργεια, αυξάνει την κατακόρυφη ορμή η οποία είναι απαραίτητη για την επίτευξη υψηλών επιδόσεων. Ο βαθμός αξιοποίησης της οριζόντιας ταχύτητας και η μετατροπή της σε κατακόρυφη με όσο το δυνατό μικρότερες απώλειες ενέργειας πιθανόν να εξαρτάται από τις σωματικές ικανότητες του αθλητή (Arampatzis, Walsh, & Brüggemann, 1998). Προκειμένου να μειωθούν οι αρνητικές επιδράσεις κατά την τοποθέτηση του ποδιού στήριξης οι Muraki, Ae, Yokozawa, και Koyama (2005) προτείνουν ελαφριά κάμψη του κορμού εμπρός, λίγο πριν από το τελευταίο πάτημα. Επιπλέον, είναι γνωστό, ότι κατά την τοποθέτηση του ποδιού στήριξης στη βαλβίδα απαιτείται σχετική ακαμψία αυτού (Seyfarth, Blickhan, & Van Leeuwen, 2000; Seyfarth et al., 1999). Ωστόσο υπάρχει περιορισμός στο βαθμό ακαμψίας, και αυτό εξαρτάται από τις σωματικές ικανότητες του αθλητή. Έχει βρεθεί ότι περεταίρω αύξηση του βαθμού ακαμψίας δεν οδηγεί σε καλύτερες επιδόσεις (Seyfarth et al., 1999). Η ακαμψία του ποδιού στήριξης αποτελεί μέρος της συνολικής ακαμψίας του σώματος, που απαιτείται προκειμένου να επιτευχθούν οι μικρότερες δυνατές απώλειες μηχανικής ενέργειας τόσο ενδομυϊκά όσο και ενδοαρθρικά (Seyfarth, Bobbert, & Blickhan, in press).

Γωνία απογείωσης: Είναι γενικά αποδεκτό ότι η ταχύτητα απογείωσης αποτελεί παράγοντα θεμελιώδους σημασίας για καλή επίδοση στο άλμα σε μήκος και είναι επίσης γνωστό ότι το μεγάλο ύψος του ΚΜΣ, τη στιγμή της απογείωσης, συνεισφέρει στην τελική επίδοση (Hay, 1993). Ωστόσο, η βέλτιστη γωνία απογείωσης που συντελεί στη μέγιστη επίδοση δεν έχει διερευνηθεί πλήρως. Οι Tan και Zumerchic (2000) υπολόγισαν τη βέλτιστη γωνία απογείωσης, υποθέτοντας ότι ο άλτης χάνει ορισμένη ποσότητα κινητικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της φάσης της απογείωσης, όμως δεν αιτιολόγησαν επαρκώς την υπόθεση αυτή (N. P. Linthorne, Guzman, & Bridgett, 2005). Παράλληλα, η προβλεπόμενη ιδανική γωνία απογείωσης για κορυφαίο αθλητή ήταν μεγαλύτερη από αυτές που παρατηρήθηκαν σε αθλητές παγκόσμιας

κλάσης ($15^\circ - 27^\circ$) (Arampatzis, Brüggemann, & Walsch, 1999; Hay et al., 1986; Lees et al., 1993; Lees et al., 1994; Nixdorf & Brüggemann, 1990; Nixdorf & Brüggemann, 1988). Μια καλή εξήγηση για την ύπαρξη της διαφοράς αυτής είναι ότι οι Tan και Zumerchic δεν έλαβαν υπόψη ότι η ταχύτητα απογείωσης και η γωνία απελευθέρωσης πιθανόν να παρουσιάζουν αλληλεπίδραση. Οι Red και Zogaib (1977) μελετώντας τα δυναμικά χαρακτηριστικά, βρήκαν ότι η ταχύτητα απελευθέρωσης και η γωνία απελευθέρωσης δεν είναι ανεξάρτητες ποσότητες και ότι η αλληλεπίδρασή τους θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό της ιδανικής γωνίας απελευθέρωσης. Παρόλα αυτά, υπάρχουν δύο παραδείγματα αθλητών παγκόσμιου επιπέδου που στον ίδιο αγώνα (Τρίτο Παγκόσμιο Πρωτάθλημα, 1991) σημείωσαν παραπλήσιες επιδόσεις επιτυγχάνοντας διαφορετικές κατακόρυφες ταχύτητες και διαφορετικές γωνίες απογείωσης. Οι Fukashiro, Wakayama, Kojima, και Arai (1993) αναφέρουν ότι ο Mike Powel (επίδοση: 8.95 μ) πέτυχε μεγαλύτερη κατακόρυφη ταχύτητα και γωνία απογείωσης ($23,2^\circ$) λόγω της κλίσης του κορμού, τεντώνοντας περισσότερο το πόδι στήριξης και κάμπτοντας περισσότερο το ισχίο. Αντίθετα ο Carl Lewis (επίδοση: 8,91 m) διατήρησε την οριζόντια ταχύτητα περιορίζοντας την έκταση του ποδιού στήριξης που είχε ως αποτέλεσμα την απογείωση με μικρότερη γωνία απογείωσης ($18,3^\circ$).

Στροφορμή: Γενικά, θεωρείται ότι οι αθλητές φτάνουν στη βαλβίδα με μηδενική στροφορμή ή με αμελητέα ποσότητά της και ότι η στροφορμή που έχουν αποκτήσει στο τέλος της φάσης του πατήματος για απογείωση είναι αποτέλεσμα των δυνάμεων που ασκούνται κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης. Ωστόσο οι Hinrichs, Munkasy, και Chinworth (1989) έδειξαν ότι αυτό δεν ισχύει. Συγκεκριμένα, βρέθηκε ότι η μισή σχεδόν στροφορμή, που αποκτά ο αθλητής με άξονα περιστροφής τον εγκάρσιο άξονα που περνά από το ΚΜΣ, αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια της φοράς. Σύμφωνα με το Hay (1993), κατά τη διάρκεια του πατήματος ο αθλητής δέχεται την επίδραση οριζόντιων και κατακόρυφων δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους οι οποίες τείνουν να τον περιστρέψουν γύρω από τον εγκάρσιο άξονα που περνά από το ΚΜΣ κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Οι οριζόντιες δυνάμεις συνεισφέρουν στην αύξηση της στροφορμής με φορά όμοια των δεικτών του ρολογιού. Οι κατακόρυφες δυνάμεις αρχικά συνεισφέρουν στην αύξηση της στροφορμής με φορά αντίθετη εκείνης των δεικτών του ρολογιού, ωστόσο, μόλις το ΚΜΣ περάσει μπροστά από το κέντρο πίεσης συνεισφέρουν στην αύξηση της στροφορμής με φορά όπως εκείνη των δεικτών του ρολογιού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η τελική τιμή της

στροφορμής, στο τέλος της φάσης του πατήματος, να τείνει να περιστρέψει τον αθλητή προς τα μπροστά.

Πτήση

Η φάση πτήσης ξεκινά τη στιγμή που το πόδι ώθησης χάνει την επαφή με τη βαλβίδα ή το έδαφος και ολοκληρώνεται τη στιγμή που ο αθλητής έρχεται και πάλι σε επαφή με το έδαφος (σκάμμα). Ο αθλητής μετά την απογείωση έχει ήδη αποκτήσει τέτοια ποσότητα στροφορμής, που αν αυτή δε μειωθεί κατά τη φάση της πτήσης θα έχουμε ως αποτέλεσμα την πρόωρη πτώση των ποδιών στην άμμο και κατά συνέπεια τη μείωση της επίδοσης. Κατά τη διάρκεια της πτήσης, ανεξάρτητα από την τεχνική που χρησιμοποιείται, εκτελούνται εξισορροπητικές κινήσεις που περιορίζουν ως ένα βαθμό την αρχική στροφορμή (Ramey, 1973), διατηρώντας την ισορροπία του αθλητή, στα πλαίσια της προετοιμασίας του για μια αποτελεσματική προσγείωση.

Υπάρχουν τρεις διαφορετικές τεχνικές πτήσης στο άλμα σε μήκος, η δρομική, η συσπειρωτική και η εκτατική. Στη δρομική τεχνική πραγματοποιούνται δρομικοί διασκελισμοί και περιφορές των χεριών προς τα μπροστά. Η τεχνική αυτή μπορεί να εφαρμοστεί με 1 ½, 2 ½ και 3 ½ διασκελισμούς. Στη συσπειρωτική τεχνική, κατά τη διάρκεια της πτήσης, το πόδι ώθησης έρχεται μπροστά και μαζί με το πόδι αιώρησης τεντώνουν μπροστά για την προσγείωση. Στην εκτατική τεχνική το πόδι αιώρησης κατεβαίνει και ο κορμός εκτελεί έκταση. Στη συνέχεια ο αθλητής εκτελεί συσπείρωση φέρνοντας τα πόδια και τον κορμό μπροστά.

Σύμφωνα με τους Seyfarth et al. (1999) η ίδια επίδοση μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας διαφορετικές τεχνικές. Ως καλύτερη τεχνική, σε ό,τι αφορά στον εξισορροπητικό της ρόλο (συνέχεια του δρόμου), θεωρείται η δρομική τεχνική με 2 ½ διασκελισμούς. Ωστόσο, ανεξάρτητα από την τεχνική που υιοθετείται κάθε φορά, η απόσταση πτήσης εξαρτάται από τις δυνάμεις που ασκούνται στη φάση της απογείωσης και την ταχύτητα που αποκτά ο αθλητής. Επίσης, είναι γνωστό ότι για να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή απόσταση πτήσης είναι αναγκαίο όλες οι κινήσεις να γίνουν με ακρίβεια και νευρομυϊκό συντονισμό (Larkins, 1989).

Προσγείωση

Η φάση προσγείωσης ξεκινά τη στιγμή που ο αθλητής (μετά την πτήση) έρχεται σε επαφή με το έδαφος (σκάμμα) και ολοκληρώνεται με την παύση της κίνησης του σώματος και την

αποχώρησή του από το σκάμμα. Κύριος στόχος αυτής της φάσης είναι η όσο το δυνατό καλύτερη εκμετάλλευση των εξισοροποιητικών κινήσεων με σκοπό τη μεγιστοποίηση της επίδοσης.

Αν και η προσγείωση αποτελεί την τελευταία φάση του άλματος, η απόσταση προσγείωσης καθορίζεται τόσο από τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά του αθλητή όσο και από τη θέση του σώματος του τη στιγμή της προσγείωσης (Nicholas P. Linthorne, in press). Η κατάλληλη θέση του σώματος στη φάση της προσγείωσης είναι αυτή που επιτρέπει στον αλτή να μεγιστοποιήσει την απόσταση προσγείωσης εκτεινώντας τα πόδια του όσο πιο μακριά μπορεί, μπροστά από το ΚΜΣ, χωρίς όμως αυτό να προκαλέσει το κάθισμα προς τα πίσω (Dyson, 1977). Η παραπάνω θέση του σώματος κατά τη διάρκεια της προσγείωσης θεωρείται ως ιδανική για τη μεγιστοποίηση της απόστασης προσγείωσης και από τον Ecker (1996). Ο Hay (1993), μελετώντας υψηλού επιπέδου αθλητές, πρότεινε ως βέλτιστη θέση προσγείωσης αυτή κατά την οποία οι αρθρώσεις των ισχίων βρίσκονται σε πλήρη κάμψη και ο κορμός πάνω από τα πόδια.

Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τρόποι προσγείωσης στο άλμα σε μήκος.

1. Με βαθύ κάθισμα και παράλληλη ενεργητική κίνηση των χεριών προς τα κάτω και κατόπιν προς τα πάνω και μπροστά.
2. Με βαθύ κάθισμα και ανοικτά πόδια – πέρασμα πάνω από τα πόδια χωρίς άλλη επαφή του σώματος με την άμμο.
3. Πλάγια προσγείωση. Σε αυτή την τεχνική ο αθλητής τη στιγμή της επαφής των ποδιών του με την άμμο στρέφει το σώμα του δεξιά ή αριστερά.

Ισχύς των κάτω άκρων

Η σημασία της ισχύος (ταχυδύναμης) των κάτω άκρων ως παράγοντα επίδοσης στον αθλητισμό είναι μεγάλη, ενώ ασκήσεις ταχυδύναμης χρησιμοποιούνται ως προπονητικά μέσα και ως μέσα αξιολόγησης των φυσικών ικανοτήτων (Bowerman & Freeman, 1991; Hartmann & Tuennemann, 1989; Κέλλης, Γεροδήμος, & Μάνου, 2001)

Ειδικότερα οι αλτικές ασκήσεις και τα κάθετα άλματα αποτελούν τα βασικότερα προπονητικά μέσα για την ανάπτυξη της ταχυδύναμης (Aura & Viitasalo, 1989; Schmidtbleicher & Gollhofer, 1982) Σε αυτού του είδους τις ασκήσεις έχουμε την ενεργοποίηση κυρίως των εκτεινόντων μυών των κάτω άκρων (Aura & Komi, 1986; Bosco, Tarkka, & Komi, 1982; Radcliffe & Farentinos, 1999) και προς αξιολόγησή τους χρησιμοποιούνται διάφορα τεστ, όπως

του Abalakov, άλμα σε ύψος χωρίς φορά, άλματα από ημικάθισμα, άλματα με αντίθετη κίνηση, άλματα βάθους, κλπ. (Viitasalo, 1988).

Έχουν γίνει επίσης προσπάθειες σύνδεσης της αλτικής ικανότητας με άλλες κινήσεις βαλλιστικού τύπου και ειδικότερα με το δρόμο ταχύτητας (Blazevich & Jenkins, 1998; Bosco, 1992), αλλά και αξιολόγησης της ισχύος των κάτω άκρων με ισοκινητικά μηχανήματα (M. J. L. Alexander, 1990; Blazevich & Jenkins, 1998; Tsiokanos, Kellis, Jamurtas, & Kellis, 2002) Ελάχιστες είναι οι βιβλιογραφικές αναφορές που συνδέονται με την αξιολόγηση της ισχύος των κάτω άκρων σε αθλητές του μήκους και ειδικότερα της νεαρής ηλικίας (Κέλλης, Μάνου, Αρσενίου & Μπαγιάτης, 1996), ενώ δεν υπάρχουν μελέτες που να συνδέουν την ισχύ των κάτω άκρων (ταχυδυναμικές ικανότητες) με την επίδοση στο άλμα σε μήκος, με εξαίρεση μελέτες που συνδέουν γενικότερα την επίδοση σε βαλλιστικές κινήσεις με την ισχύ των κάτω άκρων.

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας φαίνεται ότι οι περισσότερες μελέτες αναφέρονται στα κινηματικά χαρακτηριστικά τηςφοράς και της φάσης απογείωσης ανδρών και γυναικών με σημαντικές επιδόσεις σε μεγάλους αγώνες, ενώ ελάχιστες μελέτες εξετάζουν τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά νεαρών αθλητών (Berg & Greer, 1995; Lees et al., 1994; Omura et al., 2005).

Επίσης, δεν έχει μελετηθεί ο ρόλος των ταχυδυναμικών ικανοτήτων στην επίδοση στο άλμα σε μήκος νεαρών αθλητών.

III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Δείγμα

Σαράντα (N= 40) ενεργοί αθλητές του άλματος σε μήκος, ηλικίας 14-18 ετών, έλαβαν μέρος εθελοντικά στην έρευνα. Οι νεαροί άλτες προέρχονταν από διάφορα γεωγραφικά διαμερίσματα της χώρας και ως βασική προϋπόθεση για τη συμμετοχή τους στην έρευνα τέθηκε η συστηματική τους προπόνηση και το να μην προέρχονται από πρόσφατο τραυματισμό. Ως κριτήριο συστηματικής προπόνησης θεωρήθηκαν οι 5-6 προπονήσεις την εβδομάδα, ενώ ως κριτήριο για το χαρακτηρισμό ενός τραυματισμού ως πρόσφατου θεωρήθηκε το χρονικό διάστημα ενός έτους. Οι δοκιμαζόμενοι υποβλήθηκαν σε μετρήσεις για την ισχύ των κάτω άκρων με επιτόπια κατακόρυφα άλματα και με δρόμο με επερχόμενη ταχύτητα, που αποτελούν βασικά μέσα προπόνησης και ταχυδυναμικής αξιολόγησης, καθώς επίσης και με ισοκινητική αξιολόγηση της άρθρωσης του γονάτου και της ποδοκνημικής που έχουν το χαρακτήρα εργαστηριακών δοκιμασιών. Υποβλήθηκαν επίσης και σε μετρήσεις των προσπαθειών τους στο άλμα σε μήκος με βίντεο, για την ανάλυση της τεχνικής τους. Οι μετρήσεις των ταχυδυναμικών χαρακτηριστικών (ισχύος) έγιναν σε συνθήκες εργαστηρίου, ενώ οι μετρήσεις για τα τεχνικά χαρακτηριστικά έγιναν στο στάδιο υπό συνθήκες αγώνων.

Στους δοκιμαζόμενους δόθηκαν αναλυτικές πληροφορίες για τους σκοπούς της έρευνας και εξοικειώθηκαν πλήρως με τις δοκιμασίες και τα όργανα μετρήσεων. Πριν από τις μετρήσεις συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο σχετικά με τη συχνότητα των προπονήσεων τους και με το ιστορικό των τραυματισμών τους. Κανένας από τους συμμετέχοντες δεν είχε τραυματιστεί τον τελευταίο χρόνο πριν από τις μετρήσεις.

Περιγραφή των οργάνων

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν στις μετρήσεις ήταν:

Ζυγός – Αναστημόμετρο: Για την αξιολόγηση του ύψους και της σωματικής μάζας των δοκιμαζόμενων χρησιμοποιήθηκε το αναστημόμετρο-ζυγός της εταιρίας «Seca» (Seca 714, Seca Vogel & Halke GmbH & Co. KG, Hamburg, Germany) με ακρίβεια 0,5 cm και 0,1 kg αντίστοιχα.

Ισοκινητικό δυναμόμετρο: Για τη μέτρηση της ισοκινητικής ροπής δύναμης των δοκιμαζόμενων χρησιμοποιήθηκε το ισοκινητικό δυναμόμετρο Cybex Norm (Lymex Corporation, Ronkhoma, NY), που επιτρέπει την εκτέλεση έκκεντρων και ομόκεντρων κινήσεων με μέγιστη γωνιακή ταχύτητα $500^{\circ} \text{ s}^{-1}$. Το συγκεκριμένο δυναμόμετρο πραγματοποιεί δειγματοληψία με συχνότητα 500 Hz και η επεξεργασία των δεδομένων γίνεται με το πρόγραμμα Cybex software (version 2.06).

Δυναμοδάπεδο του Bosco (Ergojump Platform): Για τη μέτρηση της αλτικής ικανότητας των δοκιμαζόμενων (κατακόρυφα άλματα και άλματα βάθους) χρησιμοποιήθηκε ένα φορητό δυναμοδάπεδο (Bosco, Luhtanen, & Komi, 1983) συνδεδεμένο με ψηφιακό χρονόμετρο (Ergojump Psion CM, MA.GI.CA., Rome, Italy). Η επίδοση (ανύψωση του ΚΜΣ πάνω από το έδαφος) υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη το χρόνο πτήσης.

Σύστημα ηλεκτρονικής χρονομέτρησης: Για τη μέτρηση της ταχύτητας στον δρόμο ταχύτητας 30 m, όπως και για τη μέτρηση της ταχύτητας εισόδου του αθλητή στη βαλβίδα (αγωνιστικές συνθήκες) χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικό σύστημα χρονομέτρησης με φωτοκύτταρα (TAG Heuer Ltd., Switzerland).

Σύστημα κινηματικής ανάλυσης APAS: Για την κινηματική ανάλυση των αγωνιστικών προσπαθειών των αλμάτων σε μήκος των δοκιμαζόμενων χρησιμοποιήθηκαν μία ψηφιακή βιντεοκάμερα (JVC, μοντέλο GR-DVL 9600) με συχνότητα δειγματοληψίας 100 Hz (frames/sec) για την καταγραφή τους και το λογισμικό του Ariel Performance Analysis System για την ανάλυση των raw data και την εξαγωγή των κινηματικών παραμέτρων.

Περιγραφή των δοκιμασιών

α) Σωματομετρικά χαρακτηριστικά

1) Σωματική μάζα: Κατά τη μέτρηση της σωματικής μάζας οι δοκιμαζόμενοι στέκονταν στο κέντρο του ζυγού με το βάρος του σώματος ισόποσα κατανεμημένο και στα δύο πόδια. Η μέτρηση επαναλαμβανόταν 2 φορές, με το δοκιμαζόμενο ελαφρά ντυμένο (αθλητικό παντελονάκι) και χωρίς παπούτσια (Gordon, Chumlea, & Roche, 1988; Heyward & Stolarczyk, 1996).

2) Ανάστημα: Το ανάστημα μετρήθηκε με τους εξεταζόμενους να στέκονται πάνω στη βάση του ζυγού – αναστημόμετρου.. Κάθε εξεταζόμενος στεκόταν όρθιος χωρίς παπούτσια, με το βάρος του ισόποσα κατανεμημένο στα δύο πόδια, και τα χέρια να κρέμονται ελεύθερα στα πλάγια. Τα πέλματα (ενωμένα), το κεφάλι (όρθιο), η ωμοπλάτη και οι γλουτοί ακουμπούσαν

πίσω, στη στήλη του αναστημόμετρου. Το ανάστημα προσδιοριζόταν από την ένδειξη στην κατακόρυφη στήλη του αναστημόμετρου, ύστερα από την εφαρμογή - τοποθέτηση της οριζόντιας στήλης του αναστημόμετρου στο κεφάλι του εξεταζόμενου, τη στιγμή που αυτός είχε πραγματοποιήσει μια μέγιστη εισπνοή και πριν αρχίσει να εκπνέει. Η μέτρηση επαναλαμβανόταν 2 φορές (Gordon et al., 1988; Heyward & Stolarczyk, 1996).

β) Κατακόρυφη αλτική ικανότητα:

1) Άλμα από ημικάθισμα (Squat Jump ή sj): Στο άλμα από ημικάθισμα ο δοκιμαζόμενος έπρεπε να εκτελέσει μέγιστο κατακόρυφο άλμα ξεκινώντας από τη θέση του ημικαθίσματος με όρθιο τον κορμό και με τα χέρια στη μέση. Ως ιδανική γωνία ημικαθίσματος ορίστηκαν οι 90° (Bosco et al., 1983). Ο δοκιμαζόμενος έπρεπε να εκτελέσει τη δοκιμασία χωρίς να κάνει αντίθετες κινήσεις προς τα κάτω και να προσγειωθεί με τις μύτες των ποδιών του στο σημείο απ' όπου ξεκίνησε το άλμα (Bosco et al., 1995; S. Fukashiro & Komi, 1987; Hubley & Wells, 1983).

2) Άλμα με αντίθετη κίνηση (Counter Movement Jump ή cmj): Στη δοκιμασία αυτή ο εξεταζόμενος, από την όρθια θέση με τα χέρια στη μέση, έπρεπε να εκτελέσει μέγιστο κατακόρυφο άλμα ύστερα από μια αντίθετη κίνηση προς τα κάτω (τα γόνατα έπρεπε να λυγίσουν μέχρι τις 90°). Η προσγείωση γινόταν με τις μύτες των ποδιών στο σημείο από όπου ξεκίνησε το άλμα (Bosco et al., 1995; S. Fukashiro & Komi, 1987; Hubley & Wells, 1983).

3) Άλματα βάθους από ύψος 40cm και 80cm (Drop Jump – dj40, dj80): Στις δοκιμασίες αυτές ο εξεταζόμενος, με θέση αφετηρίας όρθιος με τα χέρια στη μέση, τοποθετημένος πάνω σε έναν κύβο ύψους 40cm ή 80cm αντίστοιχα πάνω από το έδαφος, έπρεπε να αφήσει το σώμα του ελεύθερο να πέσει στο έδαφος (προσγείωση και με τα δυο πόδια) και μετά την προσγείωση – απόσβεση να πραγματοποιήσει αμέσως μέγιστο κατακόρυφο άλμα, κατά τον ίδιο τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω (Bosco et al., 1995).

γ) Δρόμος 30m με επερχόμενη ταχύτητα (flying start): Ο δοκιμαζόμενος από τη γραμμή εκκίνησης, ύστερα από ηχητικό σήμα εκκίνησης, ξεκινούσε το τρέξιμό του με μέγιστη προσπάθεια και διένυε απόσταση περίπου 50 m. Η χρονομετρούμενη απόσταση των 30 m δρόμος ταχύτητας ήταν το διάστημα 20 m – 50 m της συνολικής διανυόμενης απόστασης. Η χρονομέτρηση γινόταν αυτόματα (ηλεκτρονικά) με τη βοήθεια των φωτοκύτταρων, όπου η μια πόρτα ήταν τοποθετημένη στα 20m της διαδρομής και η δεύτερη στα 50 m της διαδρομής.

δ) Μέγιστη ισοκινητική ροπή δύναμης των εκτεινόντων μυών της άρθρωσης του γονάτου και των εκτελούντων πελματιαία κάμψη στην ποδοκνημική άρθρωση:

Άρθρωση του γονάτου: Η μέτρηση έγινε από την καθιστή θέση (γωνία ισχίου 90°). Για κάθε δοκιμαζόμενο εξετάστηκε το σκέλος προτίμησης. Ο κορμός, η μέση και ο μηρός σταθεροποιούνταν με ιμάντες, ώστε να αποφευχθεί κάθε άλλη κίνηση που θα μπορούσε να επηρεάσει τις μετρήσεις. Τα χέρια ήταν σταυρωμένα μπροστά στο στήθος και ο άξονας αντίστασης τοποθετήθηκε στο κάτω μέρος της κνήμης κοντά στην ποδοκνημική άρθρωση. Ο δοκιμαζόμενος τοποθετήθηκε σε καθιστή θέση έτσι ώστε ο άξονας περιστροφής του μοχλοβραχίονα του μηχανήματος να συμπίπτει με τη γραμμή που περνά εγκάρσιως από τους κνημιαίους κονδύλους του εξεταζόμενου μέλους. Το εύρος κίνησης του γονάτου ήταν από τις 90° έως τις 0° (πλήρης έκταση). Από αυτή τη θέση ο δοκιμαζόμενος εκτελούσε μέγιστες εκτάσεις του γονάτου κατά την ομόκεντρη αξιολόγηση, ενώ κατά την έκκεντρη αξιολόγηση αντιστεκόταν μέγιστα στην κίνηση του άξονα αντίστασης (Baltzopoulos & Brodie, 1989; Baltzopoulos & Kellis, 1998; Cabri, 1991; E. Kellis & Baltzopoulos, 1995; Perrin, 1993; Tsiokanos et al., 2002). Η παραπάνω αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε σε δυο διαφορετικές γωνιακές ταχύτητες $60^{\circ}/\text{sec}$ και $300^{\circ}/\text{sec}$.

1) Ποδοκνημική άρθρωση: Η μέτρηση έγινε από την πρηνή κατάκλιση με το γόνατο σε πλήρη έκταση (0°). Για κάθε δοκιμαζόμενο εξετάστηκε το σκέλος προτίμησης. Ο κορμός, η μέση και ο μηρός σταθεροποιούνταν με ιμάντες, ώστε να αποφευχθεί κάθε άλλη κίνηση που θα μπορούσε να επηρεάσει τις μετρήσεις. Τα χέρια ήταν παραπλεύρως του σώματος και ο άξονας αντίστασης τοποθετήθηκε κάτω από το πέλμα του δοκιμαζόμενου ποδιού. Από αυτή τη θέση ο δοκιμαζόμενος εκτελούσε μέγιστες πελματιαίες κάμψεις της ποδοκνημικής άρθρωσης κατά την ομόκεντρη αξιολόγηση, ενώ κατά την έκκεντρη αξιολόγηση αντιστεκόταν μέγιστα στην κίνηση του άξονα αντίστασης. Το εύρος κίνησης ήταν 55° , από 15° ραχιαία κάμψη έως 40° πελματιαία κάμψη (Fugl-Meyer, 1981; Perrin, 1993; Seymour & Bacharach, 1990; So, 1994; Tsiokanos et al., 2002). Η παραπάνω αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε σε δυο διαφορετικές γωνιακές ταχύτητες $60^{\circ}/\text{sec}$ και $120^{\circ}/\text{sec}$. Εφαρμόστηκε διαδικασία βαρυτικής διόρθωσης (gravity correction) για τις δοκιμασίες και των δυο αρθρώσεων, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

ε) Κινηματική ανάλυση:

Τα κινηματικά δεδομένα συλλέχθηκαν από την καταγραφή τριών τουλάχιστον μέγιστων έγκυρων προσπαθειών στο άλμα σε μήκος, του καθενός από τα υποκείμενα της μέτρησης, με βιντεοκάμερα JVC, μοντέλο GR-DVL 9600 (συχνότητα λήψης 100 Hz). Η βιντεοκάμερα τοποθετήθηκε κάθετα ως προς την κατεύθυνση του διαδρόμου της φοράς του άλματος, στο ύψος του μπροστινού χείλους της βαλβίδας, σε απόσταση 23 m από αυτή, με οπτικό τομέα 5 m. Από τις καταγραφείσες προσπάθειες επιλέχθηκε προς ανάλυση εκείνη με την καλύτερη επίδοση. Καταγράφηκε η επίσημη επίδοση ή επίσημη απόσταση (η απόσταση από το μπροστινό χείλος της βαλβίδας μέχρι το τελευταίο ίχνος στην άμμο) και η πραγματική επίδοση ή πραγματική απόσταση (η επίσημη επίδοση συν την απόσταση της μύτης του ποδιού από το πίσω χείλος της βαλβίδας).

Η ψηφιοποίηση και η κινηματική ανάλυση έγινε με το σύστημα APAS. Ψηφιοποιήθηκαν 18 σημεία που ορίζουν ένα 14-μελές μοντέλο του ανθρώπινου σώματος για κάθε εικόνα (από τη 10η εικόνα πριν από την προσγείωση μέχρι τη 10η εικόνα μετά την απογείωση στη φάση στήριξης). Για εξομάλυνση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν διαδικασίες με τμηματικά πολυώνυμα 3^{ου} βαθμού (cubic-splines). Οι κινηματικές μεταβλητές που εξετάστηκαν ήταν χρονικές της φάσης στήριξης για απογείωση και των υποφάσεών της, κατακόρυφες, οριζόντιες και συνιστάμενες μετατοπίσεις και γραμμικές ταχύτητες των σημείων του μοντέλου και του ΚΜΣ, και απόλυτες και σχετικές γωνιακές μετατοπίσεις και ταχύτητες των διαφόρων μελών του σώματος. Επίσης εξετάστηκαν και κινηματικές μεταβλητές του τελευταίου διασκελισμού πριν από το πάτημα για απογείωση.

Διαδικασία μέτρησης

Δύο εβδομάδες πριν από την ημέρα των μετρήσεων οι υποψήφιοι προς εξέταση αθλητές ενημερώνονταν τόσο προφορικά όσο και γραπτά για το σκοπό και τη διαδικασία των μετρήσεων και υπέγραφαν ένα έντυπο συναίνεσης για την εκούσια συμμετοχή τους στις μετρήσεις.

Κατά τη διάρκεια και στους χώρους των μετρήσεων επικρατούσαν κατάλληλες περιβαλλοντικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, η θερμοκρασία ήταν μεταξύ 18C^o και 24C^o, η σχετική υγρασία ήταν μεταξύ 60% και 75% ενώ οι επιφάνειες όπου εκτελούνταν οι δρομικές δοκιμασίες ήταν οριζόντιες, επίπεδες και αντιολισθητικές.

Οι δοκιμαζόμενοι φορούσαν αθλητική περιβολή και αθλητικά υποδήματα ενώ η αξιολόγηση τους πραγματοποιήθηκε σε δυο φάσεις. Η πρώτη φάση περιλάμβανε τις δοκιμασίες

εργαστηρίου (σωματομετρικά, κατακόρυφη αλτική ικανότητα και ισοκινητική αξιολόγηση). Η δεύτερη φάση περιλάμβανε τις αγωνιστικές δοκιμασίες και τις δοκιμασίες πεδίου (δρομική ταχύτητα 30m και πλήρη άλματα σε αγωνιστικές συνθήκες). Αρχικά, στο εργαστήριο βιοκινητικής του Κέντρου Έρευνας και Αξιολόγησης της Φυσικής Απόδοσης του Τ.Ε.Φ.Α.Α. του Π.Θ, συλλέγονταν τα προσωπικά και προπονητικά στοιχεία των αθλητών και καταγράφονταν το ιστορικό τραυματισμών τους. Στη συνέχεια, οι εξεταζόμενοι πραγματοποιούσαν προθέρμανση που περιλάμβανε ελαφριά αερόβια άσκηση και διατατικές ασκήσεις συνολικού χρόνου 15 λεπτών. Για την ομαλή διεξαγωγή των μετρήσεων σχηματίστηκαν δύο σταθμοί αξιολόγησης (ο πρώτος λειτουργούσε στο εργαστήριο ενώ ο δεύτερος στο δημοτικό στάδιο Τρικάλων). Κάθε σταθμός λειτουργούσε με την ευθύνη δύο εξεταστών. Ο ένας εξ αυτών παρουσίαζε και εξηγούσε τη διαδικασία της δοκιμασίας. Ο άλλος εξεταστής ήταν υπεύθυνος για την καταγραφή της επίδοσης. Οι δυο σταθμοί αξιολόγησης λειτουργούσαν ταυτόχρονα.

Οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν έξι πλήρη άλματα με διάλειμμα μεταξύ των προσπαθειών από οκτώ έως 10 λεπτά, ανάλογα με τον αριθμό των αθλητών που συμμετείχαν τη συγκεκριμένη μέρα αξιολόγησης. Με το πέρας των δοκιμασιών όλοι οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν πέντε λεπτά ελαφριά αερόβια άσκηση και πέντε λεπτά διατατικές ασκήσεις για αποκατάσταση.

Αναλυτικότερα, η διαδικασία των μετρήσεων που ακολουθήθηκε ήταν:

1. Προθέρμανση

Η προθέρμανση των δοκιμαζομένων χωρίστηκε σε γενική (10 λεπτά ελαφριά αερόβια άσκηση) και ειδική (5 λεπτά διατατικές ασκήσεις, 2-3 λεπτά αλτικές ασκήσεις και 2 περάσματα στο διάδρομο φοράς).

2. Σωματομετρικά χαρακτηριστικά

- i. Σωματική μάζα

- ii. Ανάστημα

3. Κατακόρυφη αλτική ικανότητα

- i. Άλμα από ημικάθισμα (Squat Jump ή sj)

- ii. Άλμα με αντίθετη κίνηση (Counter Movement Jump ή cmj)

- iii. Άλματα βάθους από ύψος 40cm και 80cm (Drop Jump – dj40, dj80)

4. Δρόμος 30 m με επερχόμενη ταχύτητα (flying start)

5. Μέγιστη ισοκινητική ροπή δύναμης των εκτεινόντων και των καμπτήρων μυών της άρθρωσης του γονάτου
6. Μέγιστη ισοκινητική ροπή δύναμης των εκτελούντων πελματιαία κάμψη στην ποδοκνημική άρθρωση
7. Κινηματική ανάλυση

Στατιστική ανάλυση

Η ανάλυση των δεδομένων της έρευνας έγινε με το στατιστικό πακέτο SPSS 13.0 for windows. Οι διαδικασίες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι ακόλουθες:

- α.** Έγινε περιγραφική στατιστική (μέση τιμή, τυπική απόκλιση και συντελεστής μεταβλητότητας) των σωματομετρικών χαρακτηριστικών, των επιδόσεων στις δοκιμασίες ισχύος των κάτω άκρων και των κινηματικών χαρακτηριστικών της φάσης απογείωσης στο άλμα σε μήκος.
- β.** Για τη μελέτη των διαφορών μεταξύ των επιδόσεων στα κατακόρυφα άλματα χρησιμοποιήθηκε t-test για εξαρτημένα δείγματα.
- γ.** Για τη μελέτη των διαφορών μεταξύ των επιδόσεων στις ισοκινητικές δοκιμασίες χρησιμοποιήθηκε ανάλυση μονόπλευρης διακύμανσης με έναν παράγοντα για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις, και τροποποιημένο Bonferoni test για post hoc συγκρίσεις.
- δ.** Για τη μελέτη της σχέσης μεταξύ της επίδοσης και των δοκιμασιών ισχύος των κάτω άκρων και των κινηματικών χαρακτηριστικών της φάσης απογείωσης στο άλμα σε μήκος, αλλά και για τις ενδοσυσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών, έγινε ανάλυση δίπλευρης συσχέτισης κατά Pearson.
- ε.** Για την πρόβλεψη της επίδοσης (εξαρτημένη μεταβλητή) από τις κινηματικές παραμέτρους και από τις παραμέτρους που περιγράφουν την ισχύ των κάτω άκρων (ανεξάρτητες μεταβλητές) χρησιμοποιήθηκε ανάλυση πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης (διαδικασία stepwise). Το επίπεδο σημαντικότητας στις παραπάνω δοκιμασίες ορίστηκε στο 0,05.

IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της μελέτης παρουσιάζονται κατανομημένα σε τρεις ενότητες. Η πρώτη ενότητα αναφέρεται στα αποτελέσματα της περιγραφικής στατιστικής που αφορούν στην ισχύ των κάτω άκρων (αλτική ικανότητα – ταχύτητα και ισοκινητικές δοκιμασίες), καθώς και στις συσχετίσεις των παραμέτρων ισχύος τόσο μεταξύ τους όσο και με την πραγματική επίδοση. Η δεύτερη ενότητα αναφέρεται στην περιγραφική στατιστική των κινηματικών δεδομένων και στα αποτελέσματα της ανάλυσης συσχέτισης κινηματικών παραμέτρων τόσο μεταξύ τους όσο και με την πραγματική επίδοση. Η τρίτη ενότητα αναφέρεται στα αποτελέσματα της ανάλυσης πολλαπλής παλινδρόμησης με εξαρτημένες μεταβλητές την πραγματική επίδοση ή κύριους παράγοντες της επίδοσης και ανεξάρτητες μεταβλητές μόνο τις παραμέτρους της ισχύος, μόνο τα κινηματικά χαρακτηριστικά, ή τις παραμέτρους της ισχύος και κινηματικά χαρακτηριστικά από κοινού. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της κάθε δοκιμασίας γίνεται με τη βοήθεια πινάκων και γραφημάτων δίνοντας πληροφορίες όπως μέση τιμή, τυπική απόκλιση και συντελεστές συσχέτισης και πολλαπλής παλινδρόμησης.

Σωματομετρικά χαρακτηριστικά και επίδοση στο άλμα σε μήκος

Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της περιγραφικής στατιστικής σε ό,τι αφορά στα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των εξεταζόμενων και στην επίδοσή τους, επίσημη και πραγματική. Ως προς τη σωματική τους μάζα, οι δοκιμαζόμενοι παρουσιάζουν μια σχετική ομοιογένεια (συντελεστής μεταβλητότητας (V) = 11,56), ενώ ως προς το ανάστημα το δείγμα ήταν εξαιρετικά ομοιογενές (V = 3,02).

Πίνακας 1. Σωματομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων και επίδοση στο άλμα σε μήκος (επίσημη και πραγματική).

	Ηλικία (έτη)	Σωματική μάζα (Kg)	Ανάστημα (cm)	Επίσημη επίδοση (m)	Πραγματική επίδοση (m)
Mean	16,03	65,72	175,7	5,96	6,08
SD	1,35	7,60	5,3	0,58	0,51

Η πραγματική επίδοση ήταν 6,08 m, ενώ η επίσημη 5,96 m, πράγμα που σημαίνει ότι οι αθλητές στις προσπάθειές τους πατούσαν κατά μέσο όρο 12 cm πίσω από τη βαλβίδα.

Από την ανάλυση συσχέτισης των σωματομετρικών με την πραγματική επίδοση (πίνακας 3) παρατηρήθηκε χαμηλή συσχέτιση της μάζας με την επίδοση ($r = 0,357$, $p < 0,05$).

Ισχύς των κάτω άκρων

α) Αλτική ικανότητα – Δρόμος ταχύτητας

Όπως ήταν αναμενόμενο, παρατηρούμε (πίνακας 2) ότι η επίδοση στο κατακόρυφο άλμα με αντίθετη κίνηση (cmj) είναι μεγαλύτερη από την επίδοση στο άλμα από ημικάθισμα (sj) ($M = 43,02$ και $SD = 5,92$ έναντι $M = 40,56$ και $SD = 5,68$, $t(39) = -6,13$, $p = 0,000$). Σε ό,τι αφορά στα άλματα βάθους, μεγαλύτερη επίδοση παρατηρήθηκε στο άλμα από ύψος 40 cm (dj40) σε σύγκριση με το άλμα από ύψος 80 cm (dj80) ($M = 36,16$ και $SD = 5,40$ έναντι $M = 34,34$ και $SD = 5,50$, $t(39) = 2,76$, $p = 0,009$). Η επίδοση στη δοκιμασία του δρόμου με επερχόμενη ταχύτητα ($3,51 \pm 0,17$ s) αντιστοιχεί σε μια μέση δρομική ταχύτητα 8,55 m/s.

Πίνακας 2. Αλτική ικανότητα – Δρόμος ταχύτητας.

	sj (cm)	cmj (cm)	dj40 (cm)	dj80 (cm)	fly30m (s)
Mean	40,56	43,02	36,16	34,34	3,51
SD	5,68	5,92	5,40	5,50	0,17

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης συσχέτισης μεταξύ της επίδοσης και των τιμών στα κατακόρυφα άλματα και στο δρόμο ταχύτητας παρουσιάζονται στον πίνακα 3. Όλα τα άλματα και ο δρόμος ταχύτητας συσχετίστηκαν σημαντικά με την επίδοση στο άλμα σε μήκος, με υψηλότερη τιμή στο dj40 ($r = 0,634$, $p < 0,01$), ενώ στο δρόμο ταχύτητας 30 m η συσχέτιση ήταν $r = -0,510$, $p < 0,01$. Ως προς τις ενδοσυσχετίσεις μεταξύ των παραμέτρων των δοκιμασιών ισχύος, όλα τα άλματα συσχετίστηκαν μεταξύ τους, με τη μεγαλύτερη συσχέτιση να παρατηρείται μεταξύ του sj και cmj (πολύ υψηλή συσχέτιση $r = 0,922$, $p < 0,01$). Υψηλή συσχέτιση παρατηρήθηκε και μεταξύ των αλμάτων βάθους ($r = 0,760$, $p < 0,01$). Η μεγαλύτερη σχέση μεταξύ των απλών αλμάτων και των αλμάτων βάθους παρουσιάστηκε μεταξύ του cmj και του dj40 ($r = 0,748$, $p < 0,01$). Επίσης, ο δρόμος ταχύτητας συσχετίστηκε με όλα τα άλματα, με τη μεγαλύτερη σχέση να παρουσιάζεται με το dj40 ($r = 0,460$, $p < 0,01$).

Πίνακας 3. Σχέση (r) της επίδοσης με τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά και τις δοκιμασίες ισχύος (αλτική ικανότητα και δρόμος ταχύτητας).

	mass	height	sj	cmj	dj40	dj80	fly30m
realper	,357*	,309	,556**	,575**	,634**	,541**	-,510**
mass	-	,768**	,055	,112	,162	,187	-,238
height	-	-	,044	,058	,138	,193	-,017
sj	-	-	-	,922**	,698**	,645**	-,457**
cmj	-	-	-	-	,748**	,734**	-,403*
dj40	-	-	-	-	-	,760**	-,460**
dj80	-	-	-	-	-	-	-,366*

** $P < 0.01$, * $P < 0.05$

β) Ισοκινητικές δοκιμασίες

Η ανάλυση μονόπλευρης διακύμανσης με έναν παράγοντα και με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές στις επιδόσεις στις ισοκινητικές δοκιμασίες στην άρθρωση του γονάτου ($F_{(3,111)} = 223,35$, $p = 0,000$).

Πίνακας 4. Μέγιστη ισοκινητική ροπή (Nm) των εκτεινόντων του γονάτου (στις 60 και 300 °/s) και των μυών της πελματιαίας κάμψης (στις 60 και 120 °/s) σε ομόκεντρα και έκκεντρα συστολή.

	kcoex60	kcoex300	kecex60	kecex300	cplan60	cplan120	eplan60	eplan120
Mean	214,83	106,60	272,71	230,80	134,08	109,92	142,57	127,22
SD	42,47	22,29	59,16	50,86	34,17	29,71	30,86	29,34

Στην άρθρωση του γονάτου, όπως ήταν αναμενόμενο, η ισοκινητική ροπή στην ομόκεντρα συστολή των εκτεινόντων του γονάτου ήταν μεγαλύτερη στη μικρότερη γωνιακή ταχύτητα ($M = 214,83$ και $SD = 42,47$ έναντι $M = 106,60$ και $SD = 22,29$, $t_{(39)} = 23,37$, $p = 0,000$). Το ίδιο ισχύει και για την έκκεντρα συστολή των εκτεινόντων του γονάτου ($M = 272,71$ και $SD = 59,16$ για την αργή ταχύτητα έναντι $M = 230,80$ και $SD = 50,86$ για τη γρήγορη, $t_{(39)} = 6,20$, $p = 0,000$). Επιπλέον, όπως φαίνεται από τον πίνακα 4, οι τιμές της ισοκινητικής ροπής στην έκκεντρα συστολή υπερτερούν εκείνων της ομόκεντρης.

Τα ίδια παρατηρούνται και κατά τις συγκρίσεις στην ποδοκνημική άρθρωση, όπου προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεσσάρων δοκιμασιών ($F_{(3,111)} = 44,50$, $p = 0,000$). Στην ποδοκνημική άρθρωση (πίνακας 4), η ισοκινητική ροπή στην ομόκεντρα

συστολή των καμπτήρων στην πελματιαία κάμψη ήταν μεγαλύτερη στη μικρότερη γωνιακή ταχύτητα ($M = 134,08$ και $SD = 34,17$ έναντι $M = 109,92$ και $SD = 29,71$, $t_{(39)} = 9,68$, $p = 0.000$). Το ίδιο ισχύει και για την έκκεντρη συστολή των καμπτήρων της πελματιαίας κάμψης ($M = 142,57$, $SD = 30,86$ έναντι $M = 127,22$ $SD = 29,34$, $t_{(39)} = 4,83$, $p = 0.000$). Και εδώ, οι τιμές της έκκεντρης συστολής υπερτερούν εκείνων της ομόκεντρης.

Οι τιμές της μέγιστης ισοκινητικής ροπής στο γόνατο και στην ποδοκνημική εκφράστηκαν και σε Nm/Kg σωματικού βάρους (πίνακας 5), για να είναι εφικτή η σύγκριση των δεδομένων της παρούσας μελέτης με αντίστοιχα άλλων μελετών.

Πίνακας 5. Μέγιστη ισοκινητική ροπή (Nm/Kg) των εκτεινόντων του γονάτου (στις 60 και 300 °/s) και των μυών της πελματιαίας κάμψης (στις 60 και 120 °/s) σε ομόκεντρη και έκκεντρη συστολή ανά Kg σωματικού βάρους.

	kcoex60/bw	kcoex300/bw	kecex60/bw	kecex300/bw	cplan60/bw	cplan120/bw	eplan60/bw	eplan120/bw
Mean	3,26	1,62	4,15	3,51	2,06	1,68	2,20	1,95
SD	0,43	0,25	0,72	0,63	0,53	0,42	0,53	0,45

Δεν υπήρξαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των τιμών των ισοκινητικών ροπών τόσο της άρθρωσης του γονάτου όσο και της ποδοκνημικής (πίνακας 6), με εξαίρεση την ισοκινητική δοκιμασία αξιολόγησης της ομόκεντρης και έκκεντρης συστολής των εκτεινόντων του γονάτου στις 300 °/s ($r = 0,608$, $p < 0,01$ και $r = 0,334$, $p < 0,05$ αντίστοιχα).

Υψηλές ενδοσυσχετίσεις παρατηρήθηκαν τόσο μεταξύ των ισοκινητικών δοκιμασιών στο γόνατο, όσο και στην ποδοκνημική. Η υψηλότερη για το γόνατο ήταν μεταξύ kcoex60 και kcoex300 ($r = 0,819$, $p < 0,01$), ενώ για την ποδοκνημική μεταξύ cplan60 και eplan60 ($r = 0,907$, $p < 0,01$).

Αν η μέγιστη ισοκινητική ροπή εκφραστεί σε Nm ανά Kg (πίνακας 7) σωματικού βάρους, τότε με την επίδοση στο άλμα σε μήκος συσχετίζεται μόνο η παραγόμενη ροπή κατά την έκκεντρη συστολή στο γόνατο στις 300 °/s ($r = 0,665$, $p < 0,01$). Σε αυτή την περίπτωση οι ενδοσυσχετίσεις μεταξύ των ισοκινητικών δοκιμασιών στο γόνατο είναι μέτριες ($r = 0,423$ έως $0,656$, $p < 0,01$), ενώ στην ποδοκνημική παραμένουν υψηλές ($r = 0,710$ έως $0,915$, $p < 0,01$).

Πίνακας 6. Σχέση (r) της επίδοσης με την ομόκεντρη και έκκεντρη ισοκινητική ροπή των εκτεινόντων μυών του γονάτου και των μυών των εκτελούντων πελματιαία κάμψη στην ποδοκνημική.

	kcoex60	kcoex300	kecex60	kecex300	cplan60	cplan120	eplan60	eplan120
realper	,308	,608**	,252	,334*	,075	,050	-,022	,032
kcoex60	-	,819**	,690**	,659**	,386*	,467**	,167	,335*
kcoex300	-	-	,682**	,703**	,390*	,500**	,197	,383*
kecex60	-	-	-	,746**	,508**	,581**	,448**	,550**
kecex300	-	-	-	-	,533**	,622**	,499**	,595**
cplan60	-	-	-	-	-	,896**	,907**	,722**
cplan120	-	-	-	-	-	-	,828**	,882**
eplan60	-	-	-	-	-	-	-	,795**

** $P < 0.01$, * $P < 0.05$

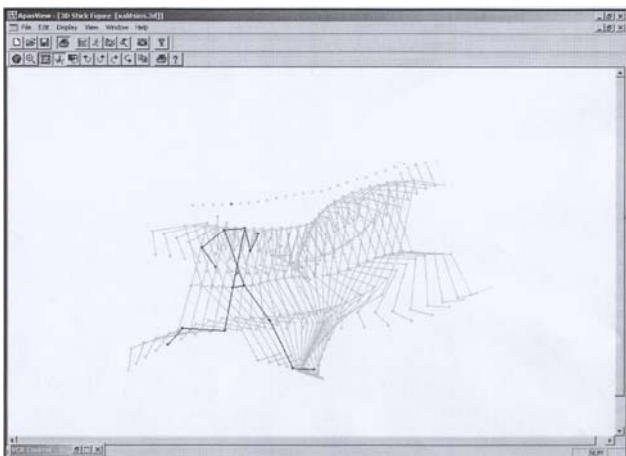
Πίνακας 7. Σχέση (r) της επίδοσης με την ομόκεντρη και έκκεντρη ισοκινητική ροπή των εκτεινόντων μυών του γονάτου και των μυών των εκτελούντων πελματιαία κάμψη στην ποδοκνημική ανά kg σωματικού βάρους.

	kcoex60/bw	kcoex300/bw	kecex60/bw	kecex300/bw	cplan60/bw	cplan120/bw	eplan60/bw	eplan120/bw
realper	,276	,665**	,166	,272	-,046	-,060	-,159	-,097
kcoex60/bw	-	,656**	,457**	,423*	,113	,119	-,124	-,016
kcoex300/bw	-	-	,449**	,489**	,139	,206	-,058	,082
kecex60/bw	-	-	-	,608**	,337*	,360*	,302	,372*
kecex300/bw	-	-	-	-	,422*	,473**	,396*	,461**
cplan60/bw	-	-	-	-	-	,886**	,915**	,710**
cplan120/bw	-	-	-	-	-	-	,818**	,861**
eplan60/bw	-	-	-	-	-	-	-	,795**

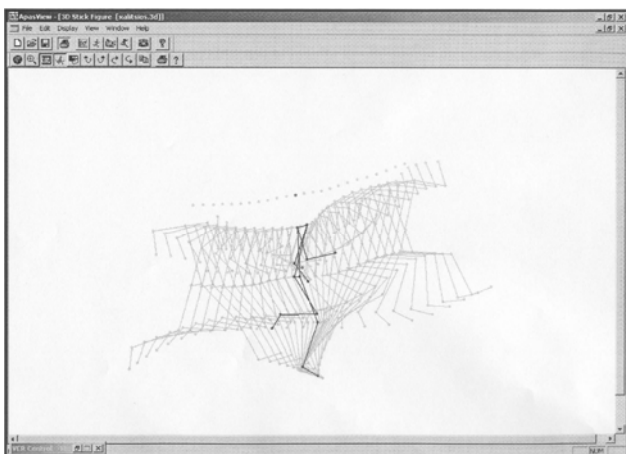
** $P < 0.01$, * $P < 0.05$

Κινηματικά χαρακτηριστικά

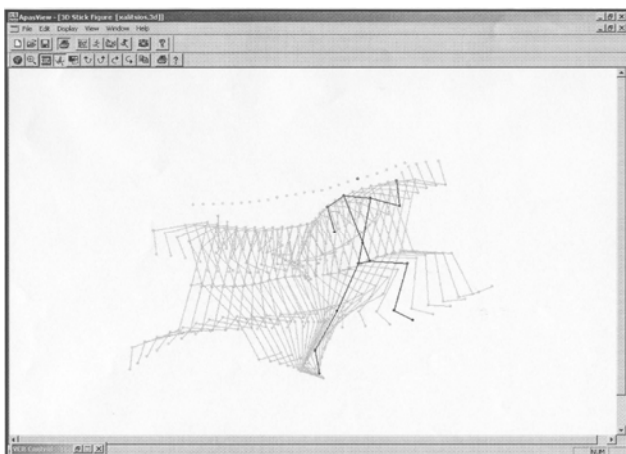
Στα σχήματα 3, 4, 5 απεικονίζεται το κινέγραμμα της προσπάθειας ενός αθλητή στο άλμα σε μήκος και διακρίνονται οι τρεις χαρακτηριστικές στιγμές της φάσεις στήριξης για απογείωση.



Σχήμα 3. Στιγμή προσγείωσης (TD).



Σχήμα 4. Στιγμή μέγιστης κάμψης του ποδιού στο γόνατο (MKF).



Σχήμα 5. Στιγμή απογείωσης (TO).

a) Επιλεγμένα κινηματικά χαρακτηριστικά στις κρίσιμες χρονικές στιγμές της στήριξης

Στον πίνακα 8 παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις των τιμών της κατακόρυφης, οριζόντιας και της συνισταμένης ταχύτητας του ΚΜΣ, του ύψους του ΚΜΣ, καθώς και οι χαρακτηριστικές τιμές των γωνιών των τριών αρθρώσεων του ποδιού στήριξης στις τρεις κρίσιμες στιγμές της φάσης στήριξης για απογείωση (TD, MKF, TO).

Πίνακας 8. Κινηματικά χαρακτηριστικά σε τρεις χαρακτηριστικές στιγμές της περιόδου στήριξης (TD, MKF, TO).

Μεταβλητή	Στιγμή	Στιγμή μέγιστης κάμψης	Στιγμή
	προσγείωσης	γονάτου	απογείωσης
	TD	MKF	TO
V _x (m/s)	8,62 ± 0,60	7,46 ± 0,81	7,56 ± 0,63
V _y (m/s)	-0,52 ± 0,41	1,96 ± 0,58	2,46 ± 0,51
V (m/s)	8,64 ± 0,59	7,74 ± 0,76	7,96 ± 0,67
H (cm)	89,97 ± 4,66	94,06 ± 5,17	112,09 ± 5,82
A _{hip} (grad)	163,54 ± 9,00	156,82 ± 8,84	192,47 ± 8,23
A _{knee} (grad)	165,18 ± 6,04	137,55 ± 7,08	169,54 ± 7,16
A _{ankle} (grad)	123,80 ± 7,22	98,21 ± 8,36	143,58 ± 7,23

Στο σχήμα 6 απεικονίζεται η διακύμανση των τριών προαναφερόμενων ταχυτήτων του ΚΜΣ σε μια υποδειγματική προσπάθεια ενός αθλητή. Σε αυτό παρατηρούμε ότι η οριζόντια ταχύτητα (V_x) του ΚΜΣ μειώνεται με γρήγορο ρυθμό μέχρι τη MKF, και συνεχίζει με πιο αργό ρυθμό μέχρι τα μισά της φάσης έκτασης του ποδιού (EXT), ενώ στη συνέχεια έχουμε μια μικρή αύξησή της. Οι μέσες τιμές της (πίνακας 8) για το σύνολο του δείγματος (n = 40) στις τρεις κρίσιμες στιγμές TD, MKF, TO είναι 8,62 ± 0,60, 7,46 ± 0,81 και 7,56 ± 0,63 m/s αντίστοιχα.

Η κατακόρυφη ταχύτητα (V_y) του ΚΜΣ έχει μια συνεχή άνοδο (σχήμα 6) από τη στιγμή της προσγείωσης μέχρι τη στιγμή της απογείωσης. Η ανοδική πορεία της V_y παρουσιάζει σημείο καμπής τη στιγμή MKF, πράγμα που σημαίνει ότι η άνοδος μέχρι την MKF είναι ραγδαία, ενώ μετά ο ανοδικός ρυθμός της είναι πιο αργός. Οι μέσες τιμές της για το σύνολο του δείγματος κυμαίνονται από -0,52 ± 0,4 μέχρι 2,46 ± 0,51 m/s.

Η πορεία της συνισταμένης ταχύτητας (V) καθορίζεται από τις δύο συνιστώσες της V_x και V_y (σχήμα 6). Έτσι έχουμε μια καθοδική πορεία μέχρι την MKF και στη συνέχεια μια άνοδο

μέχρι την απογείωση. Οι μέσες τιμές της στο σύνολο των εξεταζόμενων παρουσιάζονται στον πίνακα 8. Είναι εμφανές ότι κατά τη φάση στήριξης για απογείωση έχουμε μια μείωση της συνισταμένης ταχύτητας (σύγκριση των τιμών της στην TD και TO).

Η μεταβολή του ύψους του ΚΜΣ παρουσιάζεται στο σχήμα 7. Υπάρχει μια συνεχής ανοδική πορεία από τη στιγμή της προσγείωσης μέχρι την απογείωση. Οι μέσες χαρακτηριστικές τιμές του ύψους του ΚΜΣ για τις στιγμές TD, MKF και TO παρουσιάζονται στον πίνακα 8.

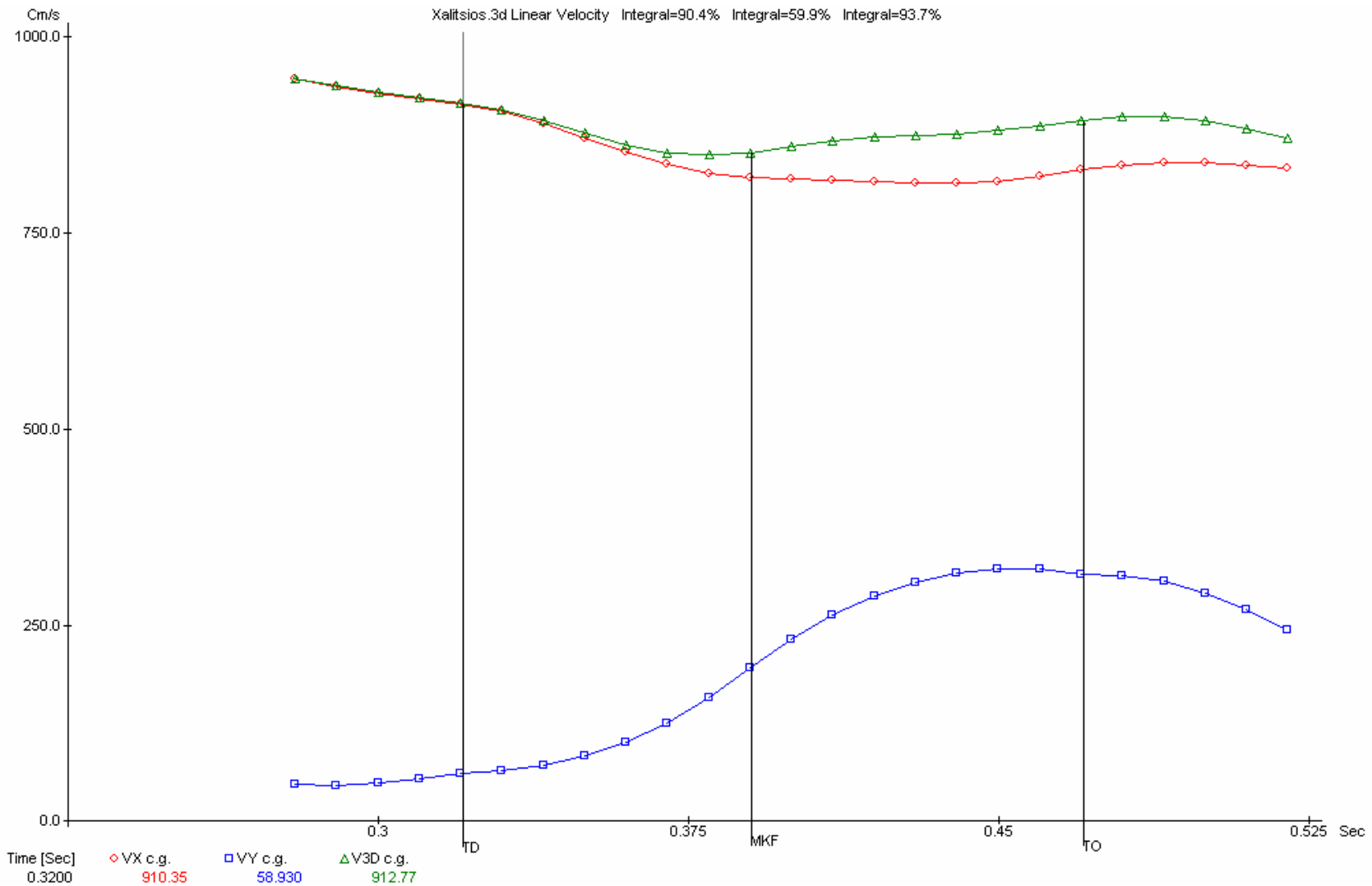
Στο σχήμα 6 παρουσιάζονται οι μεταβολές των γωνιών των αρθρώσεων του ισχίου, του γονάτου και της ποδοκνημικής. Όταν οι τιμές μειώνονται έχουμε κάμψη, ενώ όταν οι τιμές αυξάνονται έχουμε έκταση σε καθεμιά από τις εξεταζόμενες αρθρώσεις.

Στο συγκεκριμένο υπόδειγμα, ο εξεταζόμενος αθλητής δεν παρουσίασε κάμψη στο ισχίο, πράγμα όχι ασυνήθιστο για το συγκεκριμένο αγώνισμα. Όμως στο σύνολο του δείγματος (πίνακας 8), οι εξεταζόμενοι επέδειξαν μικρή κάμψη στο ισχίο στην πρώτη φάση της περιόδου στήριξης (από την TD μέχρι την MKF) και στη συνέχεια μια μεγάλη έκταση (από την MKF μέχρι την TO).

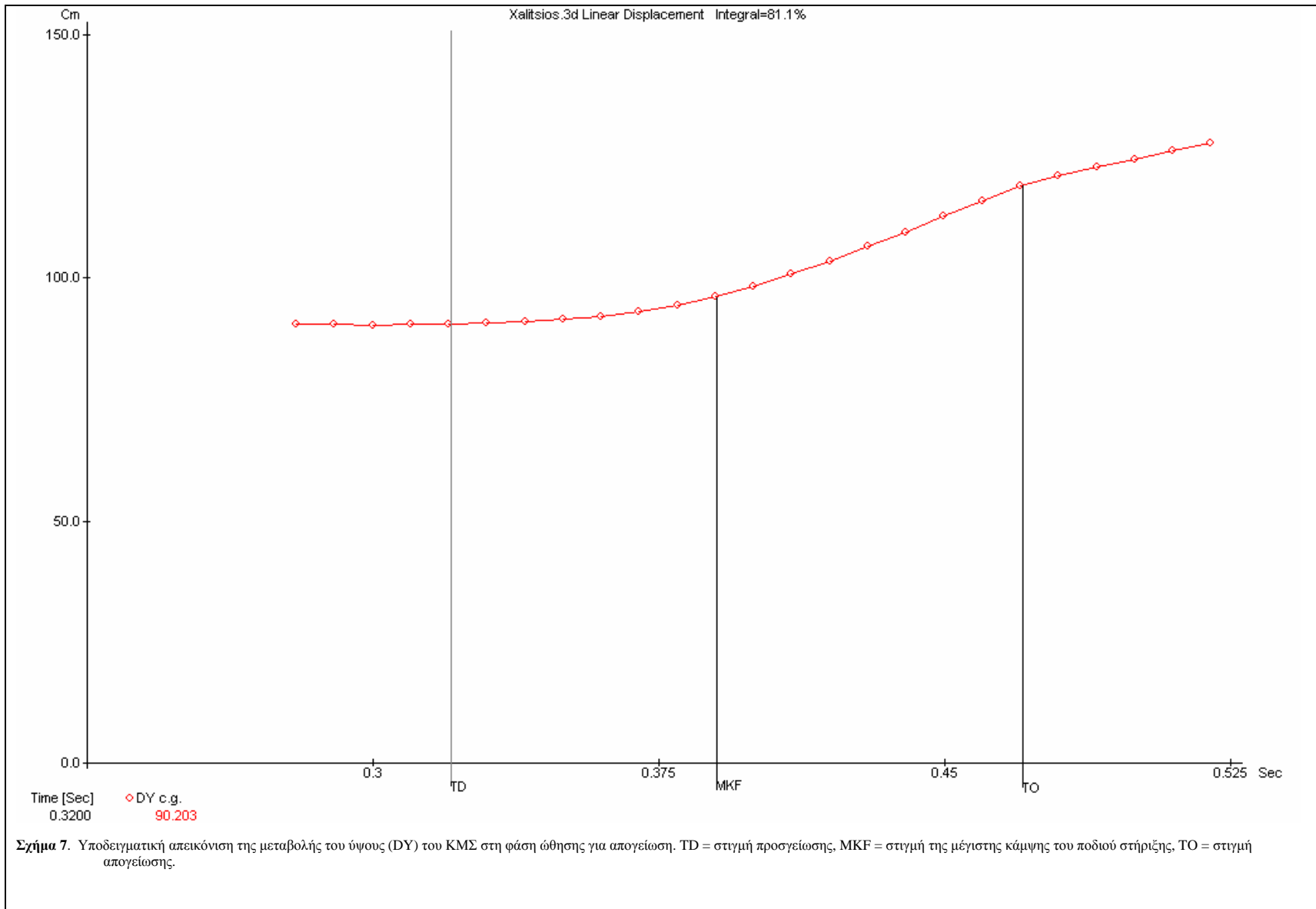
Στο σχήμα 8 είναι κυρίαρχη η κάμψη στο γόνατο στο πρώτο μισό της στήριξης και στη συνέχεια η αντίστοιχη έκταση στο δεύτερο μισό της φάσης (προσδιοριστικό στοιχείο των δύο υποφάσεων, της φάσης υποχώρησης και της φάσης έκτασης του ποδιού). Οι μέσες τιμές των τιμών των γωνιών στην άρθρωση του γονάτου στις τρεις κρίσιμες στιγμές της περιόδου στήριξης παρουσιάζονται στον πίνακα 8.

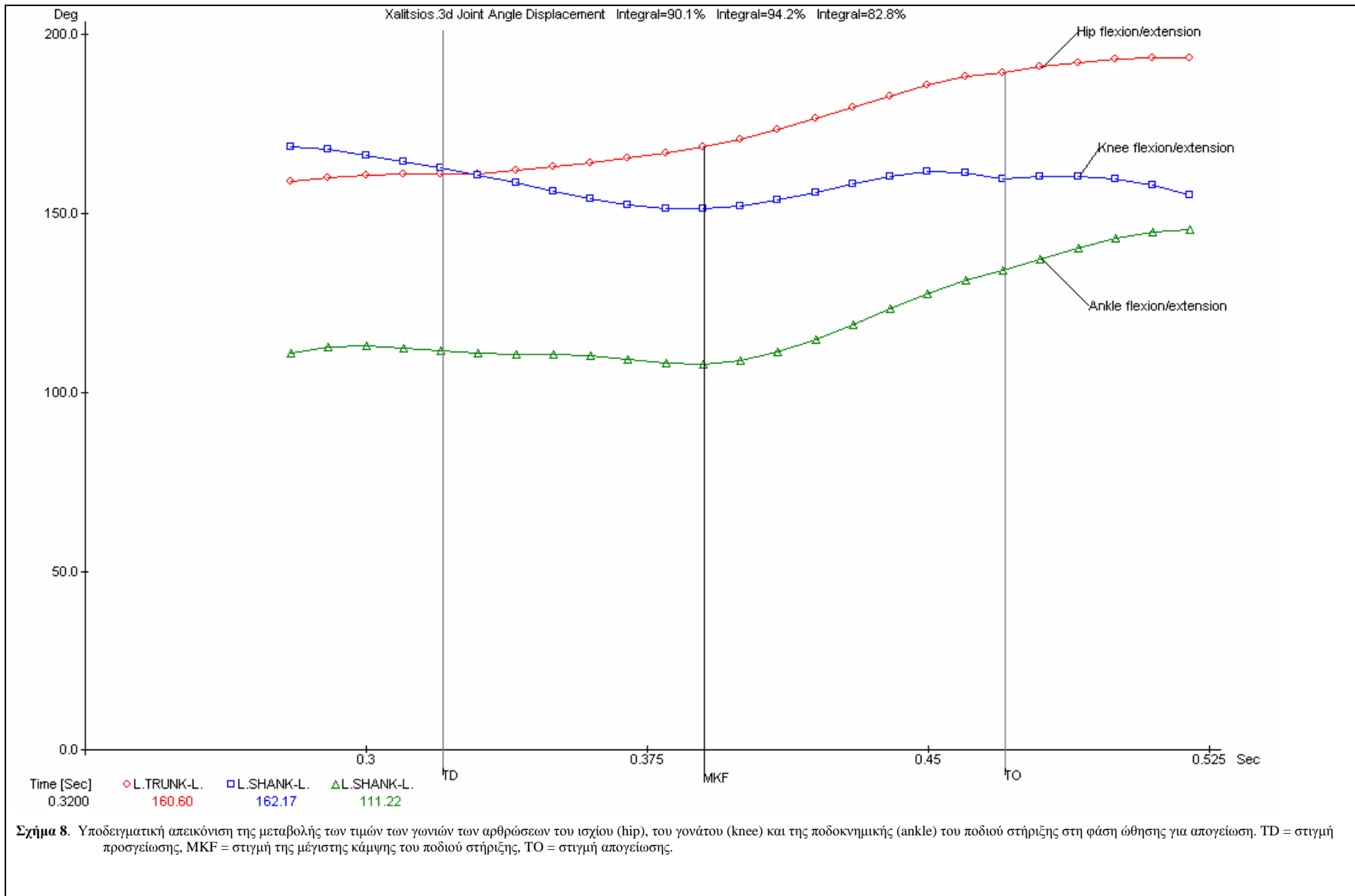
Η ποδοκνημική άρθρωση, όπως φαίνεται από το σχήμα 8, αλλά και από τον πίνακα 8 παρουσιάζει ανάλογη συμπεριφορά με την άρθρωση του γονάτου, με πολύ εντονότερη όμως έκταση σε σχέση με την προηγούμενη κάμψη.

Στον πίνακα 9 παρουσιάζονται οι συσχετίσεις των προαναφερόμενων ταχυτήτων του ΚΜΣ κατά τη στιγμή της απογείωσης με την πραγματική επίδοση. Σε αυτόν τον πίνακα παρουσιάζεται επίσης η σχέση της επίδοσης με τη γωνία απογείωσης του ΚΜΣ ($A_{CG(TO)}$), την απώλεια σε οριζόντια ταχύτητα ($lossVx$) και το κέρδος σε κατακόρυφη ταχύτητα ($gainVy$) του ΚΜΣ κατά τη φάση στήριξης για απογείωση. Οι παράγοντες αυτοί (του πίνακα 9) αποτελούν κινηματικά χαρακτηριστικά του ΚΜΣ και θεωρούνται κύριοι παράγοντες της επίδοσης υπό το πρίσμα της βλητικής. Τα περιγραφικά δεδομένα των $A_{CG(TO)}$, $lossVx$ και $gainVy$ παρουσιάζονται στους αντίστοιχους πίνακες των γωνιών-γωνιακών μετατοπίσεων και των γραμμικών ταχυτήτων.



Σχήμα 6. Υποδειγματική απεικόνιση της διακύμανσης της οριζόντιας (V_X), κατακόρυφης (V_Y) και συνισταμένης ταχύτητας (V_{3D}) του ΚΜΣ στη φάση ώθησης για απογείωση. TD = στιγμή προσγείωσης, MKF = στιγμή μέγιστης κάμψης του ποδιού στήριξης, TO = στιγμή απογείωσης.





Έτσι, από τον πίνακα 9 προκύπτει ότι όλες οι μεταβλητές συσχετίστηκαν σημαντικά με την επίδοση, εκτός από τη $lossVx$, που δεν παρουσίασε συσχέτιση. Την υψηλότερη συσχέτιση με την επίδοση παρουσίασε η συνισταμένη ταχύτητα απογείωσης ($r = 0,701$, $p < 0,01$), ενώ η γωνία απογείωσης παρουσίασε τη μικρότερη συσχέτιση ($r = 0,380$, $p < 0,05$).

Πίνακας 9. Σχέση (r) της επίδοσης με κύριους παράγοντές της.

	$V_{x(TO)}$	$V_{y(TO)}$	$V_{(TO)}$	$ACG_{(TO)}$	$lossVx$	$gainVy$
realper	,632**	,604**	,701**	,380*	-,127	,419**
$V_{x(TO)}$	-	,379*	,974**	-,002	,425**	,145
$V_{y(TO)}$	-	-	,577**	,922**	-,131	,798**
$V_{(TO)}$	-	-	-	,221	,343*	,325*
$ACG_{(TO)}$	-	-	-	-	-,322*	,808**
$lossVx$	-	-	-	-	-	-,255

** $P < 0,01$, * $P < 0,05$

Η γωνία απογείωσης παρουσιάζει πολύ υψηλή συσχέτιση με την κατακόρυφη ταχύτητα ($r = 0,922$, $p < 0,01$) και υψηλή με το κέρδος σε κατακόρυφη ταχύτητα ($r = 0,808$, $p < 0,01$). Είναι λογικό αποτέλεσμα, όσο ψηλότερη η κατακόρυφη ταχύτητα τόσο μεγαλύτερη να είναι και η γωνία απογείωσης, αφού η τελευταία καθορίζεται από την αναλογία οριζόντιας και κατακόρυφης ταχύτητας απογείωσης. Αναμενόμενη είναι και η σχέση μεταξύ $lossVx$ και $VxTO$ ($r = 0,425$, $p < 0,01$), που ερμηνεύεται ότι όσο μικρότερη είναι η απώλεια σε οριζόντια ταχύτητα τόσο μεγαλύτερη θα είναι η οριζόντια ταχύτητα απογείωσης.

β) Χρονικές παράμετροι

Η διάρκεια της φάσης στήριξης για απογείωση στο άλμα σε μήκος (πίνακας 10) είναι $0,144 \pm 0,015$ s, από τα οποία τα 77 ms (53,47%) αποτελούν τη φάση υποχώρησης του ποδιού στήριξης, ενώ τα 0,067 ms (46,53%) αποτελούν τη φάση έκτασης του ποδιού.

Πίνακας 10. Χρονικές παράμετροι (s).

	Tfl	Tsup	T_(CO)	T_(EXT)
	(s)	(s)	(s)	(s)
Mean	0,067	0,144	0,077	0,067
SD	0,016	0,015	0,016	5,50

Στον πίνακα 11 παρουσιάζονται οι σχέσεις των χρονικών παραμέτρων με την επίδοση και με κύριους παράγοντές της. Η μόνη στατιστικά σημαντική συσχέτιση που προέκυψε με την επίδοση είναι εκείνη της διάρκειας στήριξης ($r = -0,318, p < 0,05$), που σημαίνει ότι όσο μικρότερη είναι η διάρκεια της στήριξης (εκρηκτική προσπάθεια), τόσο μεγαλύτερη θα είναι η επίδοση. Και αυτό γιατί όσο μικρότερη είναι η στήριξη τόσο μεγαλύτερη θα είναι η οριζόντια ταχύτητα ($r = -0,531, p < 0,01$) και τόσο μεγαλύτερη θα είναι η συνισταμένη ταχύτητα ($r = -0,548, p < 0,01$). Τα τελευταία συμπεράσματα θα πρέπει να αποδοθούν κυρίως στη φάση υποχώρησης, αφού παρατηρήθηκαν συσχετίσεις αυτής τόσο με την οριζόντια ταχύτητα ($r = -0,414, p < 0,05$), όσο και με τη συνισταμένη ταχύτητα ($r = -0,468, p < 0,01$) απογείωσης, καθώς και με την κατακόρυφη ταχύτητα απογείωσης ($r = -0,397, p < 0,05$).

Πίνακας 11. Σχέση (r) της επίδοσης με χρονικές παραμέτρους.

	Tfl	Tsup	T_(CO)	T_(EXT)
realper	-,267	-,318*	-,312	,013
V_{x(TO)}	-,126	-,531**	-,414*	-,150
V_{y(TO)}	-,174	-,300	-,397*	,170
V_(TO)	-,150	-,548**	-,468**	-,091
ACG_(TO)	-,119	-,117	-,267	,242
lossVx	,109	-,126	-,057	-,154
gainVy	-,118	-,143	-,282	,238

** $P < 0,01$, * $P < 0,05$

γ) Οριζόντιες γραμμικές μετατοπίσεις

Στον πίνακα 12 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές γραμμικών χωρικών χαρακτηριστικών που περιγράφουν την προετοιμασία για τη φάση απογείωσης (Lstr) και την πόζα του σώματος στην αρχή ($Dx_{(Ankle - CGTD)}$) και στο τέλος ($Dx_{(CG - footTO)}$) της φάσης.

Πίνακας 12. Οριζόντιες γραμμικές μετατοπίσεις (σε απόλυτες τιμές και σε σχετικές ως προς το ανάστημα) (cm).

	Lstr (cm)	Dx_(Ankle - CGTD) (cm)	Dx_(CG - footTO) (cm)	Lstr/h	Dx_{(Ankle - CGTD)/h}	Dx_{(CG - footTO)/h}
Mean	196,29	45,35	40,37	1,11	0,26	0,23
SD	13,56	5,18	6,63	0,07	0,03	0,04

Οι τιμές των προαναφερόμενων μεταβλητών προφανώς επηρεάζονται από τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά (ανάστημα), και γι' αυτό εκφράστηκαν και σε σχετικές τιμές (ως προς το ανάστημα) για τη διευκόλυνση της σύγκρισης με τα δεδομένα άλλων μελετών. Έτσι, ο τελευταίος διασκελισμός ήταν $196,29 \pm 13,56\text{cm}$, που αντιστοιχεί στο 1,11 του μέσου αναστήματος. Επίσης, η απόσταση του ΚΜΣ από το σημείο στήριξης στην αρχή της φάσης στήριξης για απογείωση υπερτερεί ελαφρώς της αντίστοιχης απόστασης κατά τη στιγμή της απογείωσης ($45,35 \pm 5,18$ έναντι $40,37 \pm 6,63\text{cm}$).

Πίνακας 13. Σχέση (r) της επίδοσης με οριζόντιες γραμμικές μετατοπίσεις (σε απόλυτες τιμές και σε σχετικές ως προς το ανάστημα).

	Lstr	Dx_(Ankle - CGTD)	Dx_(CG - footTO)	Lstr/h	Dx_{(Ankle - CGTD)/h}	Dx_{(CG - footTO)/h}
realper	-,385	,373*	-,021	-,270	,281	-,162
V_{x(TO)}	-,288	-,098	,324*	-,266	-,142	,280
V_{y(TO)}	-,497*	,253	-,275	-,428	,211	-,323
V_(TO)	-,342	-,033	,218	-,309	-,082	,168
ACG_(TO)	-,386	,302	-,442**	-,316	,282	-,471**
lossVx	-,266	-,479**	,485**	-,444	-,465**	,516**
gainVy	-,337	,205	-,251	-,176	,181	-,325*

** $P < 0,01$, * $P < 0,05$

Στον πίνακα 13 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης συσχέτισης των γραμμικών χωρικών χαρακτηριστικών με την επίδοση. Η μόνη στατιστικά σημαντική συσχέτιση ήταν αυτή της επίδοσης με την οριζόντια απόσταση του ΚΜΣ από το σημείο στήριξης στην προσγείωση ($r = 0,373$, $p < 0,05$), που πιθανόν να σημαίνει καλύτερο κοντράρισμα για ανάπτυξη δυνάμεων προώθησης προς τα μπροστά και πάνω. Στο τελευταίο συνηγορεί και η παρατηρούμενη συσχέτιση μεταξύ $Dx_{(Ankle - CGTD)}$ και $lossVx$ ($r = -0,479$, $p < 0,09$), που σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερη η απόσταση αυτή τόσο μεγαλύτερη απώλεια έχουμε σε οριζόντια ταχύτητα. Ο τελευταίος συντελεστής συσχέτισης μειώνεται ελαφρώς όταν η συγκεκριμένη απόσταση εκφραστεί σε σχετικές τιμές. Η απόσταση απογείωσης συσχετίστηκε σημαντικά με τη γωνία απογείωσης ($r = -0,442$, $p < 0,01$), που σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση απογείωσης (κλίση του κορμού προς τα μπροστά) τόσο μικρότερη είναι η γωνία απογείωσης. Ο συντελεστής αυξάνει ελαφρώς όταν η απόσταση αυτή εκφραστεί σε σχετικές τιμές. Η απόσταση απογείωσης συμβάλλει στον περιορισμό των απωλειών σε οριζόντια ταχύτητα ($r = 0,485$, $p <$

0,01) και κατά συνέπεια στην αύξηση της οριζόντιας ταχύτητας απογείωσης ($r = 0,324$, $p < 0,05$). Επίσης (αν εκφραστεί σε σχετικές τιμές) συμβάλλει στη μείωση του κέρδους σε κατακόρυφη ταχύτητα ($r = - 0,325$, $p < 0,05$).

δ) Κατακόρυφες γραμμικές μετατοπίσεις

Στον πίνακα 14 παρουσιάζονται οι κατακόρυφες μετατοπίσεις του ΚΜΣ κατά τη διάρκεια της φάσης στήριξης για απογείωση. Η μέση τιμή της $Dy_{(TD - MyCG)}$ ($M = 1,29$ cm) φανερώνει ότι στην ουσία δεν υπάρχει χαμήλωμα του ΚΜΣ κατά τη διάρκεια της στήριξης, παρά μόνο ανοδική πορεία ($M = 23,42$, $SD = 4,10$ cm). Η μέση κατακόρυφη μετατόπιση ($Y_{(TD - TO)}$) του ΚΜΣ κατά τη στήριξη είναι $22,12 \pm 4,32$ cm, από τα οποία τα 4,11 cm (18,6%) λαμβάνουν χώρα κατά τη φάση υποχώρησης, ενώ τα 18,01 cm (81,4%) κατά τη φάση έκτασης του ποδιού στήριξης.

Πίνακας 14. Κατακόρυφες γραμμικές μετατοπίσεις (cm).

	$Dy_{(TD - MyCG)}$ (cm)	$Dy_{(MyCG - TO)}$ (cm)	$Y_{(CO)}$ (cm)	$Y_{(EXT)}$ (cm)	$Y_{(TD - TO)}$ (cm)
Mean	1,29	23,42	4,11	18,01	22,12
SD	1,07	4,10	2,96	3,56	4,32

Από τον πίνακα 15 φαίνεται ότι η μόνη από τις κατακόρυφες μετατοπίσεις που συσχετίζεται σημαντικά με την επίδοση είναι η μέση κατακόρυφη μετατόπιση ($r = 0,348$, $p < 0,05$).

Πίνακας 15. Σχέση (r) της επίδοσης με κατακόρυφες γραμμικές μετατοπίσεις.

	$Dy_{(TD - MyCG)}$	$Dy_{(MyCG - TO)}$	$H_{(TD)}$	$H_{(MKF)}$	$H_{(TO)}$	$Y_{(CO)}$	$Y_{(EXT)}$	$Y_{(TD - TO)}$
Realper	-,282	,295	-,303	-,213	,016	,107	,255	,348*
$Vx_{(TO)}$	-,246	-,074	-,265	-,179	-,220	,108	-,125	-,010
$Vy_{(TO)}$	-,012	,431**	-,363*	-,319	,016	,020	,432**	,413**
$V_{(TO)}$	-,214	,033	-,321*	-,238	-,194	,094	-,009	,084
$ACG_{(TO)}$,106	,487**	-,292	-,285	,092	-,033	,511**	,438**
lossVx	,090	-,286	,198	,290	-,063	,201	-,375*	-,298
gainVy	,279	,552**	-,291	-,314	,106	-,076	,473**	,457**

** $P < 0,01$, * $P < 0,05$

Η μέση κατακόρυφη μετατόπιση συσχετίστηκε επίσης σημαντικά με την κατακόρυφη ταχύτητα ($r = 0,413$, $p < 0,01$) και τη γωνία απογείωσης ($r = 0,438$, $p < 0,01$), καθώς και με το κέρδος σε κατακόρυφη ταχύτητα ($r = 0,457$, $p < 0,01$). Αυτό γίνεται κυρίως για λογαριασμό της κατακόρυφης μετατόπισης του ΚΜΣ κατά την έκταση του ποδιού, με αντίστοιχες συσχετίσεις ($r = 0,432$, $0,511$ και $0,473$, $p < 0,01$). Η $Y_{(EXT)}$ συσχετίστηκε επίσης σημαντικά με την απώλεια σε οριζόντια ταχύτητα ($r = -0,375$, $p < 0,05$), που σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερη είναι η μείωση της οριζόντιας ταχύτητας τόσο αυτό αποβαίνει προς όφελος της κατακόρυφης μετατόπισης κατά την έκταση του ποδιού (δηλαδή αυξάνεται το κατακόρυφο διάστημα επιτάχυνσης). Άλλη σημαντική συσχέτιση που παρατηρήθηκε είναι μεταξύ του ύψους του ΚΜΣ τη στιγμή της προσγείωσης ($H_{(TD)}$) και της συνισταμένης ταχύτητας του ΚΜΣ στην απογείωση ($r = -0,321$, $p < 0,05$), καθώς και κατακόρυφης ταχύτητας απογείωσης ($r = -0,363$, $p < 0,05$). Το τελευταίο σημαίνει ότι θα έχουμε τόσο μεγαλύτερη κατακόρυφη ταχύτητα όσο μικρότερο είναι το $H_{(TD)}$.

ε) Γωνίες και γωνιακές μετατοπίσεις

Στον πίνακα 16 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές γωνιών και γωνιακών μετατοπίσεων κατά τη φάση στήριξης για απογείωση. Η γωνία απογείωσης του ΚΜΣ είναι μια σημαντική παράμετρος που λαμβάνεται υπόψη σε όλες της βλητικές κινήσεις ($M = 17,99$, $SD = 3,29$). Η γωνία τοποθέτησης του ποδιού στην προσγείωση ($M = 63,25$, $SD = 2,84$) είναι ελαφρώς μικρότερη της γωνίας απογείωσης του ποδιού ($M = 70,23$, $SD = 2,99$), ενώ και οι δύο παρουσιάζουν εξαιρετική ομοιογένεια (συντελεστής μεταβλητότητας $V = 4,26 - 4,49$).

Η κάμψη του ισχίου κατά τη φάση υποχώρησης είναι μόλις $6,72^\circ$, ενώ η έκταση του ισχίου κατά τη φάση έκτασης του ποδιού έχει πενταπλάσιο εύρος ($M = 35,66^\circ$, $SD = 10,01$). Η κάμψη του γονάτου ($M = -24,40$, $SD = 14,30$) κατά τη στήριξη υπολείπεται της έκτασής του ($M = 31,99$, $SD = 6,94$), ενώ η ραχιαία κάμψη ($M = -25,59$, $SD = 6,35$) στην ποδοκνημική είναι σε εύρος η μισή περίπου του εύρους της πελματιαίας κάμψης ($M = 45,37$, $SD = 8,46$).

Στον πίνακα 17 παρουσιάζονται οι συσχετίσεις της επίδοσης με τις τιμές των γωνιών σε κρίσιμες στιγμές της φάσης στήριξης. Η επίδοση παρουσίασε στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μόνο με τη γωνία τοποθέτησης του ποδιού στην προσγείωση ($r = -0,467$, $p < 0,01$) και τη γωνία του γονάτου κατά την απογείωση ($r = 0,342$, $p < 0,05$). Η πρώτη από τις προαναφερόμενες συσχετίσεις σημαίνει ότι όσο μικρότερη είναι η γωνία τοποθέτησης του ποδιού (μεγαλύτερο κοντράρισμα) τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η επίδοση.

Πίνακας 16. Γωνίες και γωνιακές μετατοπίσεις (grad).

	$A_{CG(TO)}$ (grad)	$A_{(TD)}$ (grad)	$A_{(TO)}$ (grad)	$rA_{hip(CO)}$ (grad)	$rA_{hip(EXT)}$ (grad)	$rA_{knee(CO)}$ (grad)	$rA_{knee(EXT)}$ (grad)	$rA_{ankle(CO)}$ (grad)	$rA_{ankle(EXT)}$ (grad)
Mean	17,99	63,25	70,23	-6,72	35,66	-24,40	31,99	-25,59	45,37
SD	3,29	2,84	2,99	10,84	10,01	14,30	6,94	6,35	8,46

Πίνακας 17. Σχέση (r) της επίδοσης με τιμές γωνιών σε κρίσιμες στιγμές της φάσης στήριξης.

	$A_{(TD)}$	$A_{(TO)}$	$A_{hip(TD)}$	$A_{hip(MKF)}$	$A_{hip(TO)}$	$A_{knee(TD)}$	$A_{knee(MKF)}$	$A_{knee(TO)}$	$A_{ankle(TD)}$	$A_{ankle(MKF)}$	$A_{ankle(TO)}$
realper	-,467**	,039	,162	-,007	-,011	,284	,059	,342*	,250	,167	,036
$V_{x(TO)}$	-,005	-,402*	,328*	,382*	,159	,327*	,049	,037	,082	,015	-,041
$V_{y(TO)}$	-,392*	,286	-,055	-,134	-,290	,232	,030	,333*	,405*	,343*	,302
$V_{(TO)}$	-,092	-,287	,271	,305	,068	,337*	,052	,113	,169	,099	,039
$ACG_{(TO)}$	-,415**	,482**	-,196	-,305	-,363*	,110	,008	,356*	,405*	,362*	,347*
lossVx	,533**	-,535**	,199	,317	-,090	,176	,076	-,324	-,133	-,097	-,246
gainVy	-,325*	,287	-,111	-,306	-,319	,118	,004	,272	,397*	,275	,256

** $P < 0,01$, * $P < 0,05$

Η $A_{(TD)}$ συσχετίσθηκε και με την κατακόρυφη ταχύτητα απογείωσης του ΚΜΣ ($r = -0,392$, $p < 0,05$), τη γωνία απογείωσης του ΚΜΣ ($r = -0,415$, $p < 0,01$), την απώλεια σε οριζόντια ταχύτητα ($r = 0,533$, $p < 0,01$) και το κέρδος σε κατακόρυφη ταχύτητα ($r = -0,325$, $p < 0,05$). Οι παραπάνω συσχετίσεις δηλώνουν αντίστοιχα ότι όσο μικρότερη είναι η γωνία τοποθέτησης του ποδιού στην προσγείωση τόσο μεγαλύτερη θα είναι η κατακόρυφη ταχύτητα απογείωσης, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η γωνία απογείωσης, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η απώλεια σε οριζόντια ταχύτητα και τόσο μεγαλύτερο θα είναι το κέρδος σε κατακόρυφη ταχύτητα.

Η $A_{(TO)}$ συσχετίσθηκε με την $V_{x(TO)}$ ($r = -0,402$, $p < 0,05$), με την $A_{CG(TO)}$ ($r = 0,482$, $p < 0,01$) και με την $lossVx$ ($r = -0,535$, $p < 0,01$), που σημαίνει ότι όσο μικρότερη είναι η γωνία απογείωσης του ποδιού τόσο μεγαλύτερη θα είναι η οριζόντια ταχύτητα απογείωσης του ΚΜΣ, τόσο μικρότερη θα είναι η γωνία απογείωσης του ΚΜΣ και τόσο μικρότερες θα είναι οι απώλειες σε οριζόντια ταχύτητα.

Η $A_{knee(TO)}$ συσχετίσθηκε με την $V_{y(TO)}$ ($r = 0,333$, $p < 0,05$) και με την $A_{CG(TO)}$ ($r = 0,356$, $p < 0,05$), πράγμα που σημαίνει ότι ένα εκτεταμένο γόνατο στην απογείωση συμβάλλει στη μεγαλύτερη κατακόρυφη ταχύτητα και στη μεγαλύτερη γωνία απογείωσης. Η γωνία στην ποδοκνημική στις τρεις κρίσιμες στιγμές της φάσης στήριξης εμφάνισε θετική (μέτρια) συσχέτιση με τη γωνία απογείωσης, ενώ η αντίστοιχη τιμή της στη στιγμή της προσγείωσης εμφάνισε μέτρια θετική συσχέτιση με την κατακόρυφη ταχύτητα απογείωσης και με το κέρδος σε κατακόρυφη ταχύτητα. Επίσης όσο μεγαλύτερη η τιμή της γωνίας στην ποδοκνημική τη στιγμή της απογείωσης τόσο μεγαλύτερη η τιμή της γωνίας απογείωσης του ΚΜΣ ($r = 0,347$, $p < 0,05$).

Πίνακας 18. Σχέση (r) της επίδοσης με γωνιακές μετατοπίσεις κατά τη φάση στήριξης.

	$rA_{hip(CO)}$	$rA_{hip(EXT)}$	$rA_{knee(CO)}$	$rA_{knee(EXT)}$	$rA_{ankle(CO)}$	$rA_{ankle(EXT)}$
realper	-,141	-,003	-,195	,293	-,064	-,135
$V_{x(TO)}$,039	-,206	-,266	-,011	-,073	-,049
$V_{y(TO)}$	-,064	-,120	-,176	,313	-,009	-,081
$V_{(TO)}$,023	-,214	-,268	,064	-,061	-,065
$ACG_{(TO)}$	-,086	-,030	-,081	,359*	,016	-,062
lossVx	,094	-,354*	-,087	-,412*	,024	-,115
gainVy	-,157	,007	-,075	,276	-,089	-,053

** $P < 0,01$, * $P < 0,05$

Καμία συσχέτιση δεν παρατηρήθηκε μεταξύ της επίδοσης και του εύρους κάμψης και έκτασης των τριών αρθρώσεων του ποδιού στήριξης (πίνακας 18). Παρατηρήθηκε όμως συσχέτιση μεταξύ της έκτασης του ισχίου και της απώλειας σε οριζόντια ταχύτητα ($r = -0,354$, $p < 0,05$) που σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερη είναι η έκταση τόσο μεγαλύτερη θα είναι η απώλεια. Επίσης σημαντικά συσχετίστηκε η $rA_{knee(EXT)}$ με την $A_{CG(TO)}$ ($r = 0,359$, $p < 0,05$) και την $lossVx$ ($r = -0,412$, $p < 0,05$), πράγμα που σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος της έκτασης του γονάτου τόσο μεγαλύτερη θα είναι η γωνία απογείωσης του ΚΜΣ και τόσο μεγαλύτερη θα είναι η απώλεια σε οριζόντια ταχύτητα.

ζ) Γραμμικές ταχύτητες

Στον πίνακα 19 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των γραμμικών ταχυτήτων που περιγράφουν τις προσπάθειες των εξεταζόμενων. Η ταχύτητα της φοράς ($M = 8,59$, $SD = 0,64$ m/s) είναι ίση με την ταχύτητα στη δοκιμασία του δρόμου με επερχόμενη ταχύτητα ($M = 8,56$, $SD = 0,42$ m/s). Η οριζόντια ταχύτητα του άκρου ποδιού ($M = 4,05$, $SD = 0,92$ m/s) τη στιγμή της προσγείωσης είναι περίπου στο μισό της ταχύτητας του ΚΜΣ τη στιγμή αυτή, κάτι που το φανερώνει και η μέση τιμή της σχετικής ως προς το ΚΜΣ οριζόντιας ταχύτητας της ποδοκνημικής ($M = 4,57$, $SD = 1,01$ m/s).

Η απώλεια σε οριζόντια ταχύτητα είναι $-1,06 \pm 0,46$ m/s, και το κέρδος σε κατακόρυφη ταχύτητα $2,98 \pm 0,68$ m/s, με αποτέλεσμα η μεταβολή της συνισταμένης ταχύτητας κατά τη διάρκεια της στήριξης να είναι $-0,68 \pm 0,45$ m/s.

Η μέση κατακόρυφη ταχύτητα του ΚΜΣ στη φάση υποχώρησης του ποδιού ($M = 0,51$, $SD = 0,36$ m/s) αποτελεί περίπου το 1/5 της αντίστοιχης τιμής κατά τη φάση έκτασης του ποδιού.

Στον πίνακα 20 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης συσχέτισης της επίδοσης με τις γραμμικές ταχύτητες των εξεταζόμενων.

Τη μεγαλύτερη συσχέτιση με την επίδοση παρουσίασε η ταχύτητα της φοράς ($r = 0,833$, $p < 0,01$). Η ταχύτητα της φοράς συσχετίστηκε επίσης με τις τρεις γραμμικές ταχύτητες απογείωσης του ΚΜΣ ($r = 0,461$ έως $0,803$, $p < 0,01$), ενώ τη μικρότερη συσχέτιση την παρουσίασε με το κέρδος σε κατακόρυφη ταχύτητα ($r = 0,332$, $p < 0,05$).

Πίνακας 19. Γραμμικές ταχύτητες (m/s).

	Vapr (m/s)	Vfly30m (m/s)	Vx_(ankleTD) (m/s)	Vy_(ankleTD) (m/s)	V_(ankleTD) (m/s)	lossVx (m/s)	gainVy (m/s)	Vchange (m/s)	rVx(ankle)_{TD} (m/s)	Vy_(CO) (m/s)	Vy_(EXT) (m/s)
Mean	8,59	8,56	4,05	-1,85	4,58	-1,06	2,98	-0,68	-4,57	0,51	2,76
SD	0,64	0,42	0,92	1,01	0,81	0,46	0,68	0,45	1,01	0,36	0,51

Πίνακας 20. Σχέση (r) της επίδοσης με γραμμικές ταχύτητες.

	Vapr	Vx_(ankleTD)	Vy_(ankleTD)	V_(ankleTD)	Vx_(TD)	Vy_(TD)	V_(TD)	Vchange	rVx(ankle)_{TD}	Vx_(MKF)	Vy_(MKF)	V_(MKF)	Vy_(CO)	Vy_(EXT)
realper	,833**	,376*	-,171	,358*	,758**	,063	,758**	,044	-,109	,405*	-,083	,400*	,252	,267
Vx_(TO)	,784**	-,078	-,019	-,105	,715**	,234	,712**	,510**	-,498**	,752**	-,024	,775**	,282	-,030
Vy_(TO)	,461**	,133	-,244	,230	,497**	-,069	,504**	,194	-,175	,011	,180	,045	,134	,315
V_(TO)	,803**	-,043	-,075	-,043	,752**	,185	,751**	,497**	-,489**	,667**	,019	,695**	,275	,046
ACG_(TO)	,170	,170	-,255	,288	,246	-,184	,256	-,008	,009	-,291	,212	-,262	,016	,350*
lossVx	,015	-,330*	,369*	-,334*	-,328*	,258	-,332*	,945**	-,105	,238	,132	,275	,265	-,316
gainVy	,332*	,154	-,458**	,204	,348*	-,656**	,371*	-,005	-,068	-,170	,305	-,120	-,049	,299

** P<0,01, * P<0,05

Με την επίδοση συσχετίστηκαν επίσης σημαντικά η οριζόντια και συνισταμένη ταχύτητα του άκρου ποδιού τη στιγμή της προσγείωσης ($r = 0,376$, $p < 0,05$ και $r = 0,358$, $p < 0,05$ αντίστοιχα), η οριζόντια και συνισταμένη ταχύτητα του ΚΜΣ τη στιγμή της προσγείωσης ($r = 0,758$ $p < 0,01$) και η οριζόντια και συνισταμένη ταχύτητα του ΚΜΣ τη στιγμή ΜΚΦ ($r = 0,405$, $p < 0,05$ και $r = 0,400$, $p < 0,05$ αντίστοιχα). Δεν συσχετίστηκαν με την επίδοση η μέση κατακόρυφη ταχύτητα του ΚΜΣ κατά τη φάση υποχώρησης και κατά τη φάση έκτασης του ποδιού. Άλλη αξιοσημείωτη συσχέτιση είναι αυτή μεταξύ της μέσης κατακόρυφης ταχύτητας στη φάση έκτασης του ποδιού με τη γωνία απογείωσης του ΚΜΣ ($r = 0,350$, $p < 0,05$).

Πίνακας 21. Κορυφώσεις των γωνιακών ταχυτήτων ($^{\circ}/s$).

	paV(hip)fl ($^{\circ}/s$)	paV(hip)ex ($^{\circ}/s$)	paV(knee)fl ($^{\circ}/s$)	paV(knee)ex ($^{\circ}/s$)	paV(ankle)fl ($^{\circ}/s$)	paV(ankle)ex ($^{\circ}/s$)
Mean	-348,87	768,74	-620,32	739,02	-614,09	1098,98
SD	289,39	190,28	166,72	159,68	148,62	189,48

η) Κορυφώσεις των γωνιακών ταχυτήτων

Στον πίνακα 21 παρουσιάζονται τα περιγραφικά δεδομένα των κορυφώσεων των γωνιακών ταχυτήτων κάμψης και έκτασης στις τρεις αρθρώσεις του ποδιού στήριξης, ενώ στον πίνακα 22 τα αποτελέσματα της ανάλυσης συσχέτισης των ίδιων μεταβλητών με την επίδοση στο άλμα σε μήκος.

Οι μέσες τιμές των κορυφώσεων των γωνιακών ταχυτήτων είναι πάντα μικρότερες κατά τη φάση κάμψης του ποδιού σε σύγκριση με τις αντίστοιχες τιμές της φάσης έκτασης του ποδιού.

Πίνακας 22. Σχέση (r) της επίδοσης με κορυφώσεις των γωνιακών ταχυτήτων.

	paV(hip)fl	paV(hip)ex	paV(knee)fl	paV(knee)ex	paV(ankle)fl	paV(ankle)ex
realper	,061	-,077	-,289	,306	-,116	,172
V_{x(TO)}	,090	-,212	-,318*	,056	-,239	,107
V_{y(TO)}	,173	-,192	-,285	,356*	,024	-,001
V_(TO)	,124	-,232	-,343*	,138	-,196	,094
ACG_(TO)	,152	-,109	-,175	,376*	,117	-,043
lossVx	-,058	-,259	-,027	-,478**	-,103	-,222
gainVy	,092	-,030	-,136	,392*	,050	,011

** $P < 0,01$, * $P < 0,05$

Η μεγαλύτερη τιμή κορύφωσης της γωνιακής ταχύτητας παρουσιάστηκε στην ποδοκνημική κατά την πελματιαία της κάμψη (1098,98 °/s).

Όπως φαίνεται και από τον πίνακα 22, καμία συσχέτιση δεν παρατηρήθηκε μεταξύ των κορυφώσεων της γωνιακής ταχύτητας και της επίδοσης. Οι μόνες συσχετίσεις που παρατηρήθηκαν είναι μεταξύ της κορύφωσης της γωνιακής ταχύτητας κάμψης στο ισχίο και της οριζόντιας ($r = -0,318, p < 0,05$) και συνισταμένης ($r = -0,343, p < 0,05$) ταχύτητας του ΚΜΣ στην απογείωση, καθώς και μεταξύ της κορύφωσης της γωνιακής ταχύτητας έκτασης στο ισχίο και της κατακόρυφης ταχύτητας του ΚΜΣ στην απογείωση ($r = 0,356, p < 0,05$), της γωνίας απογείωσης ($r = 0,376, p < 0,05$), της απώλειας σε οριζόντια ταχύτητα ($r = -0,478, p < 0,01$) και του κέρδους σε κατακόρυφη ταχύτητα ($r = 0,392, p < 0,05$). Από τα παραπάνω φαίνεται ότι μια γρήγορη κάμψη στο ισχίο βοηθά στη διατήρηση της οριζόντιας ταχύτητας του ΚΜΣ, ενώ μια γρήγορη έκταση του ισχίου συμβάλλει στη μεγαλύτερη απώλεια οριζόντιας ταχύτητας για λογαριασμό της αύξησης της κατακόρυφης ταχύτητας του ΚΜΣ στην απογείωση και της γωνίας απογείωσης.

θ) Μέσες γωνιακές ταχύτητες

Στον πίνακα 23 παρουσιάζονται τα περιγραφικά δεδομένα των μέσων γωνιακών ταχυτήτων στις τρεις αρθρώσεις του ποδιού στήριξης, ενώ στον πίνακα 24 παρουσιάζονται αποτελέσματα της ανάλυσης συσχέτισης των ίδιων μεταβλητών με την επίδοση στο άλμα σε μήκος.

Και εδώ, σε συμφωνία με τα παραπάνω, παρατηρείται ότι οι τιμές των μέσων γωνιακών ταχυτήτων είναι πάντα μικρότερες κατά τη φάση κάμψης του ποδιού σε σύγκριση με τις αντίστοιχες τιμές της φάσης έκτασης του ποδιού. Επίσης, η μεγαλύτερη τιμή μέσης γωνιακής ταχύτητας παρουσιάστηκε στην ποδοκνημική κατά την πελματιαία της κάμψη (690,39 °/s).

Πίνακας 23. Μέσες γωνιακές ταχύτητες (°/s).

	aVhip_(CO) (°/s)	aVhip_(EXT) (°/s)	aVknee_(CO) (°/s)	aVknee_(EXT) (°/s)	aVankle_(CO) (°/s)	aVankle_(EXT) (°/s)
Mean	-96,05	544,77	-365,14	489,89	-351,18	690,39
SD	155,13	162,86	111,27	129,65	104,15	161,03

Ως προς την ανάλυση συσχέτισης (πίνακας 24), τη μόνη σημαντική συσχέτιση με την επίδοση παρουσίασε η μέση ταχύτητα κάμψης του γονάτου ($r = -0,388$, $p < 0,05$). Η μέση ταχύτητα κάμψης του γονάτου συσχετίσθηκε επίσης με την οριζόντια ($r = -0,518$, $p < 0,01$), κατακόρυφη ($r = -0,393$, $p < 0,05$) και συνισταμένη ($r = -0,548$, $p < 0,01$) ταχύτητα του ΚΜΣ στην απογείωση. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι όσο πιο εκρηκτική γίνεται η κάμψη στο γόνατο τόσο αυτό συμβάλλει στην αύξηση των ταχυτήτων του ΚΜΣ στην απογείωση και στην αύξηση της επίδοσης.

Πίνακας 24. Σχέση (r) της επίδοσης με μέσες γωνιακές ταχύτητες.

	aVhip_(CO)	aVhip_(EXT)	aVknee_(CO)	aVknee_(EXT)	aVankle_(CO)	aVankle_(EXT)
realper	-,129	-,067	-,388*	,220	-,215	-,088
Vx_(TO)	-,030	-,155	-,518**	,051	-,313	,098
Vy_(TO)	-,112	-,268	-,393*	,098	-,217	-,164
V_(TO)	-,050	-,203	-,548**	,069	-,329	,047
ACG_(TO)	-,112	-,209	-,216	,100	-,120	-,212
lossVx	,000	-,260	-,148	-,302	-,031	,019
gainVy	-,189	-,253	-,252	,002	-,282	-,246

** P<0.01, * P<0.05

Ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης

Για την πρόβλεψη της επίδοσης (εξαρτημένη μεταβλητή) χρησιμοποιήσαμε τρία μοντέλα, όπου στο πρώτο χρησιμοποιήσαμε ως ανεξάρτητες μεταβλητές μόνο παραμέτρους που περιγράφουν την ισχύ των κάτω άκρων, στο δεύτερο μοντέλο μόνο κινηματικές παραμέτρους και στο τρίτο από κοινού παραμέτρους ισχύος και κινηματικές παραμέτρους.

α) Μοντέλο παλινδρόμησης με παραμέτρους ισχύος

Χρησιμοποιώντας τη stepwise μέθοδο, προέκυψε ένα σημαντικό μοντέλο ($F_{2,37} = 15,678$, $p < 0,005$). Προσαρμοσμένο $R^2 = 0,478$. Σημαντικές μεταβλητές είναι οι ακόλουθες:

Μεταβλητή πρόβλεψης	Beta	P
kcoex300	0,420	$P = 0,008$
Dj40	0,405	$P = 0,010$

Ο σταθερός όρος ήταν $\alpha = 3,717$.

β) Μοντέλο παλινδρόμησης με κινηματικές παραμέτρους

Χρησιμοποιώντας τη stepwise μέθοδο, προέκυψε ένα σημαντικό μοντέλο ($F_{8,31} = 586,99$, $p < 0,005$). Προσαρμοσμένο $R^2 = 0,997$. Σημαντικές μεταβλητές είναι οι ακόλουθες:

Μεταβλητή πρόβλεψης	Beta	P
Vapgr	0,574	$P < 0,0005$
Tfl	- 0,349	$P < 0,0005$
HTD	- 0,293	$P < 0,0005$
paVhipfl	- 0,388	$P < 0,0005$
AkneeTD	- 0,284	$P < 0,0005$
paVkneefl	- 0,154	$P < 0,0005$
paVanklefl	0,106	$P = 0,001$
VxTO	0,241	$P = 0,008$

Ο σταθερός όρος ήταν $\alpha = 9,815$.

γ) Μοντέλο παλινδρόμησης με παραμέτρους ισχύος και κινηματικές παραμέτρους

Χρησιμοποιώντας τη stepwise μέθοδο, προέκυψε ένα σημαντικό μοντέλο ($F_{6,33} = 36,05$, $p < 0,005$). Προσαρμοσμένο $R^2 = 0,875$. Σημαντικές μεταβλητές είναι οι ακόλουθες:

Μεταβλητή πρόβλεψης	Beta	P
Vap _r	0,512	$P < 0,0005$
ATD	- 0,260	$P = 0,001$
kcoex300_bw	0,286	$P = 0,008$
AkneeTO	0,321	$P < 0,0005$
dj40	0,226	$P = 0,019$
kecex300	- 0,176	$P = 0,049$

Ο σταθερός όρος ήταν $\alpha = 0,600$.

V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η ιδιαίτερη συνεισφορά που παρουσιάζουν τα τεχνικά και δυναμικά χαρακτηριστικά της φάσης απογείωσης στην επίδοση στο άλμα σε μήκος (R. M. Alexander, 1990; Hay, 1986) και η έλλειψη σχετικών βιβλιογραφικών αναφορών για το άλμα σε μήκος νεαρών αθλητών, οδηγεί στην επικέντρωση της έρευνας στην ισχύ των κάτω άκρων των εξεταζόμενων αθλητών και στην ανάλυση των κινηματικών δεδομένων που περιγράφουν την κρίσιμη φάση απογείωσης στο άλμα σε μήκος.

Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων διαπιστώθηκε ότι απορρίπτονται οι μηδενικές υποθέσεις που αφορούν στη σχέση της αλτικής ικανότητας και της επίδοσης στο δρόμο ταχύτητας με την επίδοση στο άλμα σε μήκος. Επίσης απορρίπτονται πολλές από τις μηδενικές υποθέσεις που αφορούν στη σχέση της επίδοσης σε ισοκινητικές δοκιμασίες με την επίδοση στο άλμα σε μήκος. Απορρίπτονται επίσης πολλές από τις μηδενικές υποθέσεις που αφορούν στη σχέση της επίδοσης στο άλμα σε μήκος με κινηματικά χαρακτηριστικά της φάσης απογείωσης, και ειδικότερα με χρονικές παραμέτρους, γραμμικές μετατοπίσεις, γωνίες σε κρίσιμες στιγμές της φάσης απογείωσης και γωνιακές μετατοπίσεις, γραμμικές και γωνιακές ταχύτητες. Τέλος από την ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης προέκυψαν τρία μοντέλα πρόβλεψης της πραγματικής επίδοσης στο άλμα σε μήκος, που ερμηνεύουν πολύ σημαντικό κομμάτι της διασποράς.

Ισχύς των κάτω άκρων

α) Αλτική ικανότητα – Δρόμος ταχύτητας

Όπως ήταν αναμενόμενο, η επίδοση στο κατακόρυφο άλμα με αντίθετη κίνηση (cmj) ήταν μεγαλύτερη από την επίδοση στο άλμα από ημικάθισμα (sj) (43,02 cm έναντι 40,56 cm). Σε ό,τι αφορά στα άλματα βάθους, μεγαλύτερη επίδοση παρατηρήθηκε στο άλμα από ύψος 40cm σε σύγκριση με το άλμα από ύψος 80cm (36,16 cm έναντι 34,34 cm). Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε συμφωνία με τα δεδομένα των Κέλλη και συν. (1996) που αφορούν σε αθλητές των αλμάτων νεαρής ηλικίας. Η υπεροχή του άλματος με αντίθετη κίνηση έναντι του άλματος από ημικάθισμα οφείλεται στο διαφορετικό τρόπο λειτουργίας των εκτεινόντων μυών της άρθρωσης του ισχίου όσο και στην αποθηκευμένη ελαστική ενέργεια κατά το άλμα με αντίθετη κίνηση

((Bobbert, Gerritsen, Litjens, & Van Soest, 1996). Η επίδοση στη δοκιμασία του δρόμου με επερχόμενη ταχύτητα ($3,51 \pm 0,17$ s) αντιστοιχεί σε μια μέση δρομική ταχύτητα 8,55 m/s, που είναι μια ικανοποιητική δρομική ταχύτητα για αθλητές αυτής της ηλικίας και προσεγγίζει τα επίπεδα της ταχύτητας της φοράς στο άλμα σε μήκος.

Όλα τα άλματα και ο δρόμος ταχύτητας συσχετίστηκαν σημαντικά με την επίδοση στο άλμα σε μήκος, με υψηλότερη τιμή στο Dj40 ($r = 0,634$), ενώ στο δρόμο ταχύτητας 30m η συσχέτιση ήταν $r = -0,510$. Ως προς τις ενδοσυσχετίσεις μεταξύ των παραμέτρων των δοκιμασιών ισχύος, όλα τα άλματα συσχετίστηκαν μεταξύ τους, με τη μεγαλύτερη συσχέτιση να παρατηρείται μεταξύ του Sj και Cm_j ($r = 0,922$). Υψηλή συσχέτιση παρατηρήθηκε και μεταξύ των αλμάτων βάθους ($r = 0,760$). Η μεγαλύτερη σχέση μεταξύ των απλών αλμάτων και των αλμάτων βάθους παρουσιάστηκε μεταξύ του Cm_j και του Dj40 ($r = 0,748$). Επίσης, ο δρόμος ταχύτητας συσχετίστηκε με όλα τα άλματα, με τη μεγαλύτερη σχέση να παρουσιάζεται με το Dj40 ($r = 0,460$). Οι συσχετίσεις των παραπάνω παραμέτρων με την επίδοση στο άλμα σε μήκος δικαιολογείται λόγω της δυναμικής και κινηματικής συγγένειας κινήσεων βαλλιστικού τύπου.

β) Ισοκινητικές δοκιμασίες

Κατά την ισοκινητική αξιολόγηση των νεαρών αλτών του μήκους μεγαλύτερη παραγωγή ροπής παρατηρήθηκε κατά την έκκεντρη συστολή σε σύγκριση με την ομόκεντρη και για τους εκτείνοντες το γόνατο και για τους εκτελούντες πελματιαία κάμψη. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με εκείνα άλλων μελετών (R. M. Alexander, 1990; Colliander & Tesch, 1989; Costain & Williams, 1984; Ghena, Kurth, Thomas, & Mayhew, 1991; S. Kellis, 2001; Mohtadi, Kiefer, Tedford, & Watters, 1990).

Η διαφορά που παρατηρείται μεταξύ ομόκεντρης και έκκεντρης συστολής αποδίδεται κυρίως στο διαφορετικό τρόπο συνεισφοράς σε δύναμη του ενεργητικού και του παθητικού κινητικού συστήματος στην καθεμιά περίπτωση. Η δύναμη που παράγεται από τα ενεργητικά στοιχεία (μυς) είναι μεγαλύτερη και απαιτεί λιγότερη ενέργεια κατά την έκκεντρη ενεργοποίηση του μυός σε σύγκριση με την ομόκεντρη. Παρομοίως, η συνεισφορά δύναμης από τα παθητικά στοιχεία (οστά, αρθρώσεις σύνδεσμοι) κατά τη διάταση του συνδετικού ιστού μεγαλώνει όσο αυξάνει το μήκος των μυοτενόντιων στοιχείων (Baltzopoulos & Kellis, 1998; Cabri, 1991; E. Kellis & Baltzopoulos, 1995). Η μείωση της ισοκινητικής ροπής με την αύξηση της γωνιακής ταχύτητας κατά την ομόκεντρη συστολή που παρατηρήθηκε στην παρούσα μελέτη είναι βιβλιογραφικά τεκμηριωμένη (Backman & Oberg, 1989; Colliander & Tesch, 1989; Cress,

Peters, & Chandler, 1992; S. Kellis, 2001; Kramer, Vaz, & Hakansson, 1991; Westing, Seger, Karlson, & Ekblom, 1988). Όμως η αντίστοιχη μείωση της ισοκινητικής ροπής κατά την έκκεντρη συστολή με άλλες μελέτες συμφωνεί (Baltzopoulos & Kellis, 1998; Mayer, Horstmann, Rucker, Heitkamp, & Dickhuth, 1994; Walmsley, Pearson, & Stymiest, 1986) και με άλλες μελέτες διαφέρει, αφού σε αυτές υποστηρίζουν ότι η έκκεντρη ροπή παραμένει σταθερή παρά την αύξηση της γωνιακής ταχύτητας (Cress et al., 1992; S. Kellis, 2001).

Δεν υπήρξαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ επίδοσης στο άλμα σε μήκος και των τιμών των ισοκινητικών ροπών τόσο της άρθρωσης του γονάτου όσο και της ποδοκνημικής, με εξαίρεση την ισοκινητική δοκιμασία αξιολόγησης της ομόκεντρης και έκκεντρης συστολής των εκτεινόντων του γονάτου στις 300 °/s ($r = 0,608$ και $0,334$ αντίστοιχα). Αν όμως η μέγιστη ισοκινητική ροπή εκφραστεί σε Nm ανά Kg σωματικού βάρους, τότε με την επίδοση στο άλμα σε μήκος συσχετίζεται μόνο η παραγόμενη ροπή κατά την έκκεντρη συστολή στο γόνατο στις 300 °/s ($r = 0,665$). Τα παραπάνω έρχονται σε συμφωνία με την ύπαρξη συσχετίσεων μεταξύ ισοκίνησης και κινήσεων βαλλιστικού τύπου (Blazevich & Jenkins, 1998; Bosco et al., 1983; Tsiokanos et al., 2002).

Κινηματικά χαρακτηριστικά

α) Επιλεγμένα κινηματικά χαρακτηριστικά στις κρίσιμες χρονικές στιγμές της στήριξης

Η οριζόντια ταχύτητα (V_X) του ΚΜΣ μειώνεται με γρήγορο ρυθμό μέχρι την MKF, και συνεχίζει με πιο αργό ρυθμό μέχρι τα μισά της φάσης έκτασης του ποδιού (EXT), ενώ στη συνέχεια έχουμε μια μικρή αύξησή της. Οι μέσες τιμές της για το σύνολο του δείγματος ($n = 40$) στις τρεις κρίσιμες στιγμές TD, MKF, TO είναι $8,62 \pm 0,60$, $7,46 \pm 0,81$ και $7,56 \pm 0,63$ m/s αντίστοιχα. Αυτό σημαίνει ότι η συνολική απώλεια, λόγω του κοντραρίσματος του ποδιού στήριξης, είναι 1,06 m/s και ότι η ταχύτητα απογείωσης αντιπροσωπεύει το 87,7% της ταχύτητας στην αρχή της στήριξης. Η μείωση αυτή της οριζόντιας ταχύτητας στους άνδρες είναι 1,83 m/s (Mueller & Brueggemann, 1997) ή σε άλλες περιπτώσεις μόλις 1,38 m/s (Graham-Smith & Lees, 2005), με αντίστοιχα ποσοστά 82,83% και 86,10%, κάτι που μας επιτρέπει να χαρακτηρίσουμε στην πρώτη περίπτωση τους άλλες ως περισσότερο «δυναμικούς» (κοντράρουν πιο πολύ) και αυτούς της δεύτερης περίπτωσης ως περισσότερο «εκρηκτικούς» (διατηρούν την οριζόντιά τους ταχύτητα).

Η μείωση της οριζόντιας ταχύτητας αποσκοπεί στην ανάπτυξη υψηλής κατακόρυφης ταχύτητας, με την αλληλεπίδραση των εσωτερικών δυνάμεων (μυϊκές) με τις εξωτερικές (δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους) για να γίνει εφικτό το άλμα. Αυτό καθίσταται δυνατό κυρίως λόγω της δράσης του ποδιού στήριξης, που περιγράφεται από τη διακύμανση (κάμψη - έκταση) των γωνιών των τριών αρθρώσεων του.

Ως προς την άρθρωση του ισχίου, οι εξεταζόμενοι επέδειξαν μικρή κάμψη στο ισχίο στην πρώτη φάση της περιόδου στήριξης (από την TD μέχρι την MKF) και στη συνέχεια μια μεγάλη έκταση (από την MKF μέχρι την TO). Αυτό συμφωνεί με άλλα ευρήματα (Graham-Smith & Lees, 2005), όπου δεν σημειώνεται κάμψη στο ισχίο.

Ως προς το γόνατο, είναι κυρίαρχη η κάμψη στο πρώτο μισό της στήριξης και στη συνέχεια η αντίστοιχη έκταση στο δεύτερο μισό της φάσης. Οι γωνίες του γονάτου στις τρεις κρίσιμες στιγμές της φάσης απογείωσης ήταν στην TD $165,18 \pm 6,04$, στην MKF $137,55 \pm 7,08$ και στην TO $169,54 \pm 7,16$ μοίρες. Παρόμοιες τιμές έχουμε και στο ΠΕΠ '86, 165-169, 133-134, 168-174 μοίρες αντίστοιχα (Brueggemann & Conrad, 1986) και στους άνδρες $166,7 \pm 4,7$, $140,2 \pm 4,5$, $169,3 \pm 3,0$ μοίρες αντίστοιχα (Graham-Smith & Lees, 2005), αν και οι άνδρες φαίνεται να «φιξάρουν» (αντίσταση της προς τα κάτω υποχώρησης) περισσότερο το γόνατο. Και στις τρεις μελέτες βλέπουμε ότι το γόνατο δεν εκτείνεται πλήρως τη στιγμή της απογείωσης.

Η ποδοκνημική άρθρωση παρουσιάζει ανάλογη συμπεριφορά με την άρθρωση του γονάτου, με πολύ εντονότερη όμως έκταση σε σχέση με την προηγούμενη κάμψη. Οι γωνίες της ποδοκνημικής ήταν στην TD $123,80 \pm 7,22$, στην MKF $98,21 \pm 8,36$ και στην TO $143,58 \pm 7,23$ μοίρες. Παρόμοιες τιμές έχουμε και στους άνδρες $127,0 \pm 5,2$, $99,8 \pm 5,9$, $139,0 \pm 6,5$ μοίρες αντίστοιχα (Graham-Smith & Lees, 2005).

Η κατακόρυφη ταχύτητα (V_Y) του ΚΜΣ έχει μια συνεχή άνοδο από τη στιγμή της τοποθέτησης του ποδιού στήριξης μέχρι τη στιγμή της απογείωσης. Η ανοδική πορεία της V_Y μέχρι την MKF είναι ραγδαία, ενώ μετά ο ανοδικός ρυθμός της είναι πιο αργός. Οι μέσες τιμές της για το σύνολο του δείγματος κυμαίνονται από $-0,52 \pm 0,4$ μέχρι $2,46 \pm 0,51$ m/s. Η παρουσιαζόμενη εδώ αρνητική τιμή είναι λόγω της προς τα κάτω κίνησης του ΚΜΣ κατά τη στιγμή της τοποθέτησης του ποδιού στήριξης και είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη ($-0,18 \pm 0,21$ m/s) άλλης μελέτης (Graham-Smith & Lees, 2005). Σε κάθε περίπτωση, με όσο μικρότερη (αρνητική) κατακόρυφη ταχύτητα ο αθλητής συναντά το έδαφος τόσο καλύτερα, γιατί χρειάζεται μικρότερη θετική ποσότητα (κίνηση προς τα πάνω) για να την αντιστρέψει. Επίσης, μικρότερη

αρνητική κατακόρυφη ταχύτητα σημαίνει ότι το απαραίτητο χαμήλωμα του ΚΜΣ έχει αρχίσει πολύ νωρίτερα, στους προηγούμενους διασκελισμούς, και φανερώνει καλύτερη τεχνική κατάρτιση. Η μέση τιμή της κατακόρυφης ταχύτητας απογείωσης ήταν $2,46 \pm 0,51$ m/s, ενώ σε έφηβους παγκοσμίου επιπέδου κυμαίνεται $2,8 - 3,1$ m/s, και στους άνδρες $3,2 \pm 0,2$ m/s (Glad & Brueggemann, 1990), $3,37 \pm 0,32$ m/s (Graham-Smith & Lees, 2005) και $3,41 \pm 0,24$ m/s (Mueller & Brueggemann, 1997).

Η πορεία της συνισταμένης ταχύτητας (V) καθορίζεται από τις δύο συνιστώσες της V_x και V_y . Έτσι έχουμε μια καθοδική πορεία μέχρι την MKF και στη συνέχεια μια άνοδο μέχρι την απογείωση. Συνολικά, κατά τη φάση στήριξης για απογείωση έχουμε μια μείωση της συνισταμένης ταχύτητας.

Ως προς τη διακύμανση του ύψους του ΚΜΣ κατά τη φάση στήριξης, υπάρχει μια συνεχής ανοδική πορεία από τη στιγμή της προσγείωσης μέχρι την απογείωση, ενδεικτικό του μηχανισμού «πιβοταρίσματος» κατά τη φάση απογείωσης (Lees et al., 1994).

Οι τρεις συνιστώσες της ταχύτητας τη στιγμή της απογείωσης, η γωνία απογείωσης του ΚΜΣ ($A_{CG(TO)}$), η απώλεια σε οριζόντια ταχύτητα ($lossV_x$) και το κέρδος σε κατακόρυφη ταχύτητα ($gainV_y$) του ΚΜΣ κατά τη φάση απογείωσης, θεωρούνται οι κυριότεροι παράγοντες της επίδοσης υπό το πρίσμα της βλητικής και γι' αυτό τους συσχετίσαμε με τις υπόλοιπες κινηματικές παραμέτρους.

Όλες οι παραπάνω μεταβλητές (εκτός από την $lossV_x$) συσχετίστηκαν σημαντικά με την επίδοση. Την υψηλότερη συσχέτιση με την επίδοση παρουσίασε η συνισταμένη ταχύτητα απογείωσης ($r = 0,701$) και είναι συγκρίσιμη της αντίστοιχης ($r = 0,80$) του Nigg (1974). Η γωνία απογείωσης παρουσίασε τη μικρότερη συσχέτιση ($r = 0,380$, $p < 0,05$).

Η γωνία απογείωσης παρουσιάζει πολύ υψηλή συσχέτιση με την κατακόρυφη ταχύτητα ($r = 0,922$, $p < 0,01$) και υψηλή με το κέρδος σε κατακόρυφη ταχύτητα ($r = 0,808$, $p < 0,01$). Είναι λογικό όσο ψηλότερη είναι η κατακόρυφη ταχύτητα τόσο μεγαλύτερη να είναι και η γωνία απογείωσης, αφού η τελευταία καθορίζεται από την αναλογία οριζόντιας και κατακόρυφης ταχύτητας απογείωσης. Από τις συσχετίσεις προκύπτει επίσης ότι όσο μεγαλύτερη είναι η απώλεια σε οριζόντια ταχύτητα τόσο μεγαλώνει η γωνία απογείωσης, που φανερώνει το μηχανισμό ανάπτυξης της κατακόρυφης ταχύτητας. Αυτή με τη σειρά της συμβάλλει στην ανάπτυξη μεγαλύτερης γωνίας απογείωσης.

β) Χρονικές παράμετροι

Η διάρκεια της τελευταίας φάσης πτήσης είναι 67 ± 16 ms και συμβαδίζει με την αντίστοιχη (73 ± 6 ms) των ανδρών (Glad & Brueggemann, 1990), ενώ οι έφηβοι παρουσιάζουν μεγαλύτερη ($72 - 102$ ms) διακύμανση (Brueggemann & Conrad, 1986).

Η φάση υποχώρησης του ποδιού στήριξης αποτελεί το 53,47% της συνολικής στήριξης, ενώ η φάση έκτασης του ποδιού το 46,53%. Η διάρκεια της στήριξης (144 ± 15 ms) ήταν μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του ΠΕΠ '86 (Brueggemann & Conrad, 1986).

Η διάρκεια στήριξης συσχετίστηκε με την επίδοση ($r = -0,318$), που σημαίνει ότι όσο μικρότερη είναι η διάρκεια της στήριξης (εκρηκτική προσπάθεια), τόσο μεγαλύτερη θα είναι η επίδοση. Από τις υπόλοιπες συσχετίσεις των χρονικών παραμέτρων φαίνεται ότι όσο μικρότερος ο χρόνος στήριξης τόσο μεγαλύτερη θα είναι η οριζόντια ταχύτητα απογείωσης. Αυτό οφείλεται κυρίως στην επίδραση που έχει μια μικρής διάρκειας φάση υποχώρησης (συσχέτιση με τις τρεις ταχύτητες του ΚΜΣ στην απογείωση).

γ) Οριζόντιες γραμμικές μετατοπίσεις

Το μήκος του τελευταίου διασκελισμού της φοράς ήταν $196,29 \pm 13,56$ cm, που αντιστοιχεί στο 1,11 του μέσου αναστήματος. Τα αντίστοιχα μήκη του τελευταίου διασκελισμού που συναντάμε στη βιβλιογραφία είναι στους έφηβους 212–23cm (Brueggemann & Conrad, 1986) και στους άνδρες 217–223cm (Glad & Brueggemann, 1990; Hay, 1986; Mueller & Brueggemann, 1997).

Η απόσταση του ΚΜΣ από το σημείο στήριξης στην αρχή της φάσης στήριξης για απογείωση ($Dx_{(Ankle - CGTD)}$) υπερτερεί ελαφρώς της αντίστοιχης απόστασης κατά τη στιγμή της απογείωσης ($Dx_{(CG - footTO)}$) ($45,35 \pm 5,18$ έναντι $40,37 \pm 6,63$ cm). Οι αντίστοιχες αναφερόμενες τιμές για τους άνδρες είναι 55 ± 4 έναντι 44 ± 6 cm (Graham-Smith & Lees, 2005). Οι διαφορές που προκύπτουν στη σύγκριση με τα βιβλιογραφικά δεδομένα προφανώς επηρεάζονται από τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά (ανάστημα).

Από την ανάλυση συσχέτισης προκύπτει ότι όσο η οριζόντια απόσταση του ΚΜΣ ($Dx_{(Ankle - CGTD)}$) τη στιγμή της τοποθέτησης του ποδιού στήριξης μεγαλώνει τόσο βελτιώνεται η επίδοση ($r = 0,373$), που πιθανόν να σημαίνει καλύτερο κοντράρισμα για ανάπτυξη δυνάμεων προώθησης προς τα μπροστά και πάνω. Αυτό έχει ως συνέπεια την αύξηση των απωλειών σε οριζόντια ταχύτητα ($r = -0,479$). Η απόσταση απογείωσης συσχετίστηκε σημαντικά με τη γωνία

απογείωσης ($r = -0,442$), που σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση απογείωσης (κλίση του κορμού προς τα μπροστά) τόσο μικρότερη είναι η γωνία απογείωσης. Όσο πιο πολύ ο κορμός κλίνει προς τα μπροστά τη στιγμή της απογείωσης (μεγάλη απόσταση απογείωσης) τόσο περιορίζονται οι απώλειες σε οριζόντια ταχύτητα ($r = 0,485$). Κατά συνέπεια μεγαλώνει η οριζόντια ταχύτητα απογείωσης ($r = 0,324$), εις βάρος του κέρδους σε κατακόρυφη ταχύτητα ($r = -0,325$), όταν η $Dx_{(CG - footTO)}$ εκφραστεί σε σχετικές τιμές ως προς το ανάστημα.

δ) Κατακόρυφες γραμμικές μετατοπίσεις

Από την παρουσίαση των κατακόρυφων μετατοπίσεων του ΚΜΣ φαίνεται ότι στην ουσία δεν υπάρχει χαμήλωμα του ΚΜΣ κατά τη φάση στήριξης (μόλις 1,29 cm). Η πορεία είναι ανοδική. Η μέση κατακόρυφη μετατόπιση ($Y_{(TD - TO)}$) του ΚΜΣ κατά τη στήριξη είναι $22,12 \pm 4,32$ cm, από τα οποία τα 4,11 cm (18,6%) λαμβάνουν χώρα κατά τη φάση υποχώρησης, ενώ τα 18,01 cm (81,4%) κατά τη φάση έκτασης του ποδιού στήριξης. Οι αντίστοιχες τιμές στη βιβλιογραφία για την $Y_{(TD - TO)}$ είναι 22-28 cm για τους έφηβους (Brueggemann & Conrad, 1986) και 29 ± 3 cm για τους άνδρες (Graham-Smith & Lees, 2005), ενώ για την $Y_{(CO)}$ και $Y_{(EXT)}$ είναι 6 ± 2 και 23 ± 2 cm αντίστοιχα για άνδρες άλτες (Graham-Smith & Lees, 2005).

Η μέση κατακόρυφη μετατόπιση συσχετίστηκε σημαντικά με την επίδοση ($r = 0,348$). Αυτό σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερο είναι το κατακόρυφο διάστημα επιτάχυνσης τόσο αυξάνεται η κατακόρυφη ταχύτητα ($r = 0,413$), το κέρδος σε κατακόρυφη ταχύτητα ($r = 0,457$) και η γωνία απογείωσης ($r = 0,438$), με άμεση συνέπεια την αύξηση της επίδοσης. Αυτό οφείλεται κυρίως στην κατακόρυφη μετατόπιση του ΚΜΣ κατά την έκταση του ποδιού (σημαντικές συσχετίσεις). Η $Y_{(EXT)}$ συσχετίστηκε επίσης σημαντικά και με την απώλεια σε οριζόντια ταχύτητα ($r = -0,375$), που σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερη είναι η μείωση της οριζόντιας ταχύτητας τόσο αυτό αποβαίνει προς όφελος της κατακόρυφης μετατόπισης κατά την έκταση του ποδιού.

Άλλη σημαντική συσχέτιση που παρατηρήθηκε είναι μεταξύ του ύψους του ΚΜΣ τη στιγμή της προσγείωσης ($H_{(TD)}$) και της συνισταμένης ταχύτητας του ΚΜΣ στην απογείωση ($r = -0,321$), καθώς και της κατακόρυφης ταχύτητας απογείωσης ($r = -0,363$). Το τελευταίο σημαίνει ότι θα έχουμε μεγαλύτερη κατακόρυφη ταχύτητα όσο μικρότερο είναι το $H_{(TD)}$, απ' όσο δηλαδή χαμηλότερα ξεκινάει ο άλτης (επιμήκυνση του διαστήματος επιτάχυνσης).

ε) Γωνίες και γωνιακές μετατοπίσεις

Η γωνία απογείωσης του ΚΜΣ ($17,99 \pm 3,29^\circ$) είναι σχετικά χαμηλή σε σχέση με τα αναφερόμενα στη βιβλιογραφία για τους έφηβους ($19,2 - 22,2^\circ$) (Brueggemann & Conrad, 1986) και για τους άνδρες ($19,8 \pm 1,8^\circ$) από τους Glad, B., Brueggemann, G.P., (1990), ($21 \pm 1,77^\circ$) από τους Mueller, H., Brueggemann, G.P., (1997) και ($20,2^\circ$) από τους Hay *et al.*, (1986).

Η γωνία τοποθέτησης του ποδιού στην προσγείωση ($63,25 \pm 2,84^\circ$) είναι ελαφρώς μικρότερη της γωνίας απογείωσης του ποδιού ($70,23, \pm 2,99^\circ$). Σε ότι αφορά την πρώτη, στους έφηβους οι τιμές είναι $70 - 74^\circ$ (Brueggemann & Conrad, 1986) και στους άντρες $61,1^\circ$ (Glad & Brueggemann, 1990). Σε ότι αφορά τη δεύτερη, στους άντρες η μέση τιμή είναι $71,8^\circ$ (Glad & Brueggemann, 1990).

Ως προς το εύρος της κάμψης και έκτασης στις αρθρώσεις του ποδιού στήριξης διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα: Η κάμψη του ισχίου κατά τη φάση υποχώρησης είναι μόλις $6,72^\circ$, ενώ σε άλλες μελέτες δεν σημειώνεται κάμψη σε αυτή την άρθρωση στο πρώτο μέρος της στήριξης (Graham-Smith & Lees, 2005). Η έκταση του ισχίου κατά τη φάση έκτασης του ποδιού έχει πενταπλάσιο εύρος σε σχέση με τη φάση υποχώρησης ($35,66 \pm 10,01^\circ$) έναντι 44° της αντίστοιχης στη βιβλιογραφία (Graham-Smith & Lees, 2005). Η κάμψη του γονάτου ($-24,40 \pm 14,30^\circ$) και η έκτασή του ($31,99 \pm 6,94^\circ$), καθώς και η ραχιαία ($-25,59 \pm 6,35^\circ$) και πελματιαία κάμψη ($45,37 \pm 8,46^\circ$) στην ποδοκνημική είναι περίπου ίσες σε εύρος με τις αντίστοιχες τιμές στη βιβλιογραφία ($-26,7$ και $29,9^\circ$ στο γόνατο και $-27,2$ και $39,2^\circ$ στην ποδοκνημική αντίστοιχα) (Graham-Smith & Lees, 2005).

Από τις συσχετίσεις των γωνιακών παραμέτρων με την επίδοση, είναι εμφανές ότι όσο μικρότερη είναι η γωνία τοποθέτησης του ποδιού στήριξης (περισσότερο απλωμένο πόδι και μεγαλύτερο κοντράρισμα) τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η επίδοση ($r = -0,467$), αφού μια μικρή γωνία τοποθέτησης του ποδιού ($A_{(TD)}$) έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της κατακόρυφης ταχύτητας απογείωσης ($r = -0,392$), την αύξηση της γωνίας απογείωσης ($r = -0,415$), μεγαλύτερες απώλειες σε οριζόντια ταχύτητα ($r = 0,533$) και την αύξηση του κέρδους σε κατακόρυφη ταχύτητα ($r = -0,325$).

Μια μεγάλη γωνία απογείωσης του ποδιού ($A_{(TO)}$), σημαίνει ώθηση περισσότερο προς τα πάνω παρά προς τα μπροστά, με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι απώλειες σε οριζόντια ταχύτητα ($r = -0,535$), με αποτέλεσμα μια μικρότερη ταχύτητα απογείωσης ($r = -0,402$) και μια μεγαλύτερη γωνία απογείωσης ($r = 0,482$).

Όσο πιο τεντωμένο το γόνατο τη στιγμή της απογείωσης τόσο μεγαλύτερη θα είναι η κατακόρυφη ταχύτητα απογείωσης ($r = 0,333$) και η γωνία απογείωσης ($r = 0,356$). Η γωνία στην ποδοκνημική στις τρεις κρίσιμες στιγμές της φάσης στήριξης εμφάνισε θετική (μέτρια) συσχέτιση με τη γωνία απογείωσης, ενώ η αντίστοιχη τιμή της στη στιγμή της προσγείωσης εμφάνισε μέτρια θετική συσχέτιση με την κατακόρυφη ταχύτητα απογείωσης και με το κέρδος σε κατακόρυφη ταχύτητα. Επίσης, όσο μεγαλύτερη η τιμή της γωνίας στην ποδοκνημική τη στιγμή της απογείωσης τόσο μεγαλύτερη η τιμή της γωνίας απογείωσης του ΚΜΣ ($r = 0,347$).

Καμία συσχέτιση δεν παρατηρήθηκε μεταξύ της επίδοσης και του εύρους κάμψης και έκτασης των τριών αρθρώσεων του ποδιού στήριξης. Όμως όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος έκτασης του ισχίου τόσο μεγαλύτερες θα είναι οι απώλειες σε οριζόντια ταχύτητα ($r = - 0,354$) και όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος της έκτασης του γονάτου τόσο μεγαλύτερη θα είναι η γωνία απογείωσης του ΚΜΣ ($r = 0,359$) και η απώλεια σε οριζόντια ταχύτητα ($r = - 0,412$).

ζ) Γραμμικές ταχύτητες

Η ταχύτητα της φοράς ($8,59 \pm 0,64$ m/s) ήταν ίση με την ταχύτητα στη δοκιμασία του δρόμου με επερχόμενη ταχύτητα ($8,56 \pm 0,42$ m/s). Η ταχύτητα της φορά στους έφηβους κυμαίνεται από 9,70 έως 10,04 m/s (Brueggemann & Conrad, 1986), ενώ στους άνδρες έχουμε τιμές $9,95 \pm 0,34$ m/s (Graham-Smith & Lees, 2005), 10,39 – 11,06 m/s (Glad & Brueggemann, 1990), 10,1 – 11,4 m/s (Hay et al., 1986).

Η οριζόντια ταχύτητα του άκρου ποδιού τη στιγμή της τοποθέτησης του ποδιού στήριξης είναι περίπου στο μισό της ταχύτητας του ΚΜΣ τη στιγμή αυτή, κάτι που το φανερώνει και η μέση τιμή της σχετικής ως προς το ΚΜΣ οριζόντιας ταχύτητας της ποδοκνημικής ($- 4,57 \pm 1,01$ m/s). Αυτό φανερώνει μια ενεργητική προσγείωση του άκρου ποδιού και μείωση των δυνάμεων ανάσχεσης και του χρόνου στήριξης. Στη βιβλιογραφία, η αντίστοιχη τιμή της σχετικής ταχύτητας του άκρου ποδιού είναι $-5,56$ m/s (Graham-Smith & Lees, 2005).

Η απώλεια σε οριζόντια ταχύτητα είναι $-1,06 \pm 0,46$ m/s έναντι $-1,38$ έως $- 1,5$ m/s στους άνδρες (Glad & Brueggemann, 1990; Graham-Smith & Lees, 2005; Hay et al., 1986). Το κέρδος σε κατακόρυφη ταχύτητα ήταν $2,98 \pm 0,68$ m/s έναντι 3,8 m/s στους άνδρες (Hay et al., 1986), με αποτέλεσμα η μεταβολή της συνισταμένης ταχύτητας κατά τη διάρκεια της στήριξης να είναι $- 0,68 \pm 0,45$ m/s, έναντι $- 0,74$ m/s στους άνδρες (Graham-Smith & Lees, 2005).

Επίσης, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η μέση κατακόρυφη ταχύτητα του ΚΜΣ στη φάση υποχώρησης του ποδιού αντιπροσωπεύει περίπου το 1/5 της αντίστοιχης τιμής κατά τη φάση έκτασης του ποδιού.

Από την ανάλυση συσχέτισης της επίδοσης με τις γραμμικές ταχύτητες προέκυψε και η μεγαλύτερη στην παρούσα εργασία συσχέτιση της επίδοσης με κάποια παράμετρο, που είναι αυτή που αφορά στην ταχύτητα της φοράς ($r = 0,833$). Αυτή συμβαδίζει με τα ευρήματα άλλων μελετητών, όπως των Tiura *et al.*, (1982) ($r = 0,725$) και Siluyanov, V., Maximov, R. (1978) ($r = 0,79$ έως $0,83$). Η ταχύτητα της φοράς συσχετίστηκε επίσης με τις τρεις γραμμικές ταχύτητες απογείωσης του ΚΜΣ ($r = 0,461$ έως $0,803$), ενώ τη μικρότερη συσχέτιση την παρουσίασε με το κέρδος σε κατακόρυφη ταχύτητα ($r = 0,332$).

Με την επίδοση συσχετίστηκαν επίσης σημαντικά η οριζόντια και συνισταμένη ταχύτητα του άκρου ποδιού τη στιγμή της προσγείωσης ($r = 0,376$, και $r = 0,358$ αντίστοιχα), η οριζόντια και συνισταμένη ταχύτητα του ΚΜΣ τη στιγμή της προσγείωσης ($r = 0,758$) και η οριζόντια και συνισταμένη ταχύτητα του ΚΜΣ τη στιγμή MKF ($r = 0,405$, και $r = 0,400$, αντίστοιχα). Αξιοσημείωτη είναι επίσης η συσχέτιση μεταξύ της μέσης κατακόρυφης ταχύτητας στη φάση έκτασης του ποδιού με τη γωνία απογείωσης του ΚΜΣ ($r = 0,350$).

η) Κορυφώσεις των γωνιακών ταχυτήτων

Από τα περιγραφικά δεδομένα των κορυφώσεων των γωνιακών ταχυτήτων στις τρεις αρθρώσεις του ποδιού στήριξης, προκύπτει ότι υπερέρχουν οι μέσες τιμές των κορυφώσεων των γωνιακών ταχυτήτων της φάσης έκτασης του ποδιού έναντι εκείνων της κάμψης του ποδιού. Αυτό καταδεικνύει ότι στον κύκλο διάτασης βράχυνσης των μυών του ποδιού, που λαμβάνει χώρα κατά την υποχωρητική φάση, αμέσως μετά την προσγείωση του ποδιού στο έδαφος, και στη συνέχεια στη φάση έκτασης του ποδιού, όχι μόνο το εύρος κίνησης της κάμψης είναι μικρότερο, αλλά και η έκταση γίνεται πιο εκρηκτικά, με την υπέρσχυση του ρόλου των εκτεινόντων μυών στις τρεις αρθρώσεις. Η μεγαλύτερη τιμή κορύφωσης της γωνιακής ταχύτητας παρουσιάστηκε στην ποδοκνημική κατά την πελματιαία της κάμψη ($1098,98$ °/s).

Δεν παρατηρήθηκε καμία συσχέτιση μεταξύ των κορυφώσεων της γωνιακής ταχύτητας και της επίδοσης. Όμως μια γρήγορη κάμψη στο γόνατο του ποδιού στήριξης βοηθά στη διατήρηση της οριζόντιας και της συνισταμένης ταχύτητας του ΚΜΣ στην απογείωση ($r = -0,318$ και $r = -0,343$ αντίστοιχα), ενώ μια γρήγορη έκταση του γονάτου συμβάλλει στη

μεγαλύτερη απώλεια οριζόντιας ταχύτητας ($r = - 0,478$) για λογαριασμό της αύξησης της κατακόρυφης ταχύτητας του ΚΜΣ στην απογείωση ($r = 0,356$), του κέρδους σε κατακόρυφη ταχύτητα ($r = 0,392$) και της γωνίας απογείωσης ($r = 0,376$).

θ) Μέσες γωνιακές ταχύτητες

Και εδώ, σε συμφωνία με τα παραπάνω, παρατηρείται ότι οι τιμές των μέσων γωνιακών ταχυτήτων στη φάση έκτασης υπερέρχουν έναντι των αντίστοιχων της φάσης κάμψης του ποδιού. Επίσης, η μεγαλύτερη τιμή μέσης γωνιακής ταχύτητας παρουσιάστηκε στην ποδοκνημική κατά την πελματιαία της κάμψη ($690,39 \text{ }^\circ/\text{s}$).

Ως προς την ανάλυση συσχέτισης τη μόνη σημαντική συσχέτιση με την επίδοση παρουσίασε η μέση ταχύτητα κάμψης του γονάτου ($r = - 0,388$). Επίσης, όσο πιο εκρηκτική γίνεται η κάμψη στο γόνατο τόσο αυτό συμβάλλει στην αύξηση των ταχυτήτων του ΚΜΣ στην απογείωση ($r = - 0,518$ με την οριζόντια, $r = - 0,393$ με την κατακόρυφη και $r = - 0,548$ με τη συνισταμένη ταχύτητα) και στην αύξηση της επίδοσης.

Ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης

Τα τρία μοντέλα παλινδρόμησης που χρησιμοποιήσαμε για την πρόβλεψη της επίδοσης στο άλμα σε μήκος ερμηνεύουν σημαντικό κομμάτι της διασποράς της εξαρτημένης μεταβλητής (με βάση τον συντελεστή πολλαπλού προσδιορισμού R^2). Ο μέγιστος αριθμός ανεξάρτητων μεταβλητών που επιτρέπεται να εισαχθούν στα μοντέλα της πολλαπλής παλινδρόμησης με βάση την προτεινόμενη από τον Vincent (Vincent, 1995) αναλογία 5:1 άλτες προς τον αριθμό των μεταβλητών είναι 8 μεταβλητές.

Το πρώτο μοντέλο που χρησιμοποίησε ως ανεξάρτητες μεταβλητές μόνο παραμέτρους της ισχύος των κάτω άκρων των αλτών ερμηνεύει το 47,8% της διασποράς της επίδοσης στο άλμα, με ανεξάρτητες μεταβλητές την ομόκεντρη ισοκινητική ροπή των εκτεινόντων του γονάτου στις $300 \text{ }^\circ/\text{s}$ και το άλμα βάθους από ύψος 40 cm.

Αν Y η επίδοση στο άλμα τότε:

$$Y = 3,717 + 0,420 \cdot \text{kcoex}300 + 0,405 \cdot \text{dj}40$$

Το δεύτερο μοντέλο που χρησιμοποίησε ως ανεξάρτητες μεταβλητές μόνο κινηματικές παραμέτρους της φάσης απογείωσης του άλματος σε μήκος ερμηνεύει το 99,7% της διασποράς

της επίδοσης στο άλμα, με ανεξάρτητες μεταβλητές την ταχύτητα της φοράς, το χρόνο πτήσης του τελευταίου διασκελισμού, το ύψος του ΚΜΣ τη στιγμή της προσγείωσης, την κορύφωση της γωνιακής ταχύτητας κάμψης του ισχίου, του γονάτου και της ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής, τη γωνία του γονάτου στην προσγείωση, και την οριζόντια ταχύτητα του ΚΜΣ στην απογείωση.

$$Y = 9,815 + 0,574 \cdot V_{apr} - 0,349 \cdot T_{fl} - 0,293 \cdot H_{(TD)} - 0,388 \cdot paV(hip)_{fl} - 0,284 \cdot A_{knee(TD)} - 0,154 \cdot paV(knee)_{fl} + 0,106 \cdot paV(ankle)_{fl} + 0,241 \cdot V_{x(TO)}$$

Τέλος το τρίτο μοντέλο που χρησιμοποίησε ως ανεξάρτητες μεταβλητές παραμέτρους ισχύος των κάτω άκρων και κινηματικές παραμέτρους της φάσης απογείωσης του άλματος σε μήκος ερμηνεύει το 87,5% της διασποράς της επίδοσης στο άλμα, με ανεξάρτητες μεταβλητές την ταχύτητα της φοράς, τη γωνία τοποθέτησης του ποδιού στην αρχή της φάσης απογείωσης, τη γωνία του γονάτου στην απογείωση, το άλμα βάθους από ύψος 40 cm, την ομόκεντρη ισοκινητική ροπή των εκτεινόντων του γονάτου στις 300 °/s ανά Kg σωματικού βάρους, και την έκκεντρη ισοκινητική ροπή των εκτεινόντων του γονάτου στις 300 °/s.

$$Y = 0,600 + 0,512 \cdot V_{apr} - 0,260 \cdot A_{(TD)} + 0,286 \cdot kcoex300/bw + 0,321 \cdot A_{knee(TO)} + 0,226 \cdot dj40 - 0,176 \cdot kecex300$$

Άλλες μελέτες, λαμβάνοντας υπόψη κινηματικά δεδομένα ερμηνεύουν μικρότερο κομμάτι της διασποράς (65,5%) της πραγματικής επίδοσης (Graham-Smith & Lees, 2005).

VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Από τη μελέτη των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας συμπεραίνουμε για τους νεαρούς άλτες του μήκους τα παρακάτω:

Η αλτική ικανότητα συσχετίστηκε σημαντικά με την επίδοση στο άλμα σε μήκος, με τη μεγαλύτερη συσχέτιση να παρουσιάζεται με την επίδοση στο κατακόρυφο άλμα.

Η δοκιμασία με επερχόμενη ταχύτητα συσχετίστηκε σημαντικά με την επίδοση στο άλμα σε μήκος και η μέση δρομική ταχύτητα σε αυτή τη δοκιμασία ήταν ίση με την ταχύτητα της φοράς στο άλμα σε μήκος.

Την πιο μεγάλη συσχέτιση με την επίδοση στο άλμα σε μήκος από τις ισοκινητικές δοκιμασίες παρουσιάζει η ομόκεντρη ισοκινητική ροπή των εκτεινόντων στις 300 ο/s.

Ως προς τα κινηματικά χαρακτηριστικά, σημαντικές συσχετίσεις με την επίδοση παρατηρήθηκαν με όλες τις κατηγορίες των χαρακτηριστικών αυτών, με τις χρονικές παραμέτρους, τις γραμμικές και γωνιακές μετατοπίσεις, τις γραμμικές και γωνιακές ταχύτητες.

Η πιο σημαντική συσχέτιση που προέκυψε ήταν μεταξύ της επίδοσης και της ταχύτητας της φοράς.

Άλλες σημαντικές συσχετίσεις ήταν μεταξύ της επίδοσης και των τριών ταχυτήτων του ΚΜΣ τη στιγμή της απογείωσης, του κέρδους σε κατακόρυφη ταχύτητα και της γωνίας απογείωσης, της γωνίας τοποθέτησης του ποδιού στην αρχή και στο τέλος της φάσης απογείωσης.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι πλεονεκτούν οι νεαροί αθλητές που εκμεταλλεύονται καλύτερα τις μυϊκές τους δυνάμεις στην αλληλεπίδρασή τους με την επιφάνεια στήριξης για μεγαλύτερη ανάπτυξη κατακόρυφης ταχύτητας και συνεπώς μεγαλύτερης γωνίας απογείωσης. Δεν αρκεί μόνο η επίτευξη μιας μεγάλης δρομικής ταχύτητας κατά τη φορά και κατ' επέκταση μιας μεγάλης οριζόντιας ταχύτητας κατά την απογείωση, αλλά οι νεαροί αθλητές πρέπει να μετατρέπουν σε ικανοποιητικό βαθμό, κατά την τελευταία στήριξη, μέρος της οριζόντιας ταχύτητας σε κατακόρυφη ταχύτητα απογείωσης. Αυτό επιτυγχάνεται με «κοντράρισμα» του ποδιού ώθησης, με ξεκίνημα της προς τα πάνω ώθησης από μια χαμηλή θέση του ΚΜΣ για την εξασφάλιση ενός σχετικά μεγάλου διαστήματος κατακόρυφης επιτάχυνσης του ΚΜΣ, και κατά συνέπεια με την επίτευξη ικανοποιητικής γωνίας απογείωσης του ΚΜΣ. Η μεγαλύτερη γωνία

απογείωσης του ΚΜΣ διαφοροποιεί τους με υψηλότερες επιδόσεις νεαρούς άλτες του μήκους από τους άλτες με χαμηλότερες επιδόσεις.

Τέλος, τα δυναμικά χαρακτηριστικά (ισχύς των κάτω άκρων) μπορούν να προβλέψουν (με βάση την πολλαπλή παλινδρόμηση) το 47,8% της επίδοσης, τα κινηματικά χαρακτηριστικά το 99,7%, ενώ συνδυασμός των δύο το 87,5%. Έτσι, γίνεται φανερό ότι και οι προϋποθέσεις της φυσικής κατάστασης (ταχυδύναμη) και τα τεχνικά χαρακτηριστικά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη δόμηση της προπόνησης των νεαρών αλτών του μήκους, αλλά, μιας και ερμηνεύουν ένα τόσο μεγάλο ποσοστό της διασποράς της τελικής επίδοσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως δομικά εργαλεία ενός συστήματος δοκιμασιών πρόβλεψης της επιτυχίας της προπονητικής διαδικασίας ή ανίχνευσης ταλαντούχων και με προοπτική νεαρών αλτών.

Με δεδομένο ότι είναι ελάχιστες οι μελέτες που αφορούν σε νεαρούς αθλητές του μήκους και ακόμα πιο λίγες αυτές που εξετάζουν τις δυναμικές ικανότητές τους, προτείνεται η περαιτέρω διερεύνηση του ρόλου των δυναμικών ικανοτήτων στην επίδοση στο άλμα σε μήκος νεαρών αθλητών.

Τέλος, θεωρώντας ότι η φάση της απογείωσης είναι η σημαντικότερη φάση του άλματος σε μήκος, για τους λόγους που προαναφέρθηκαν, προτείνεται η διερεύνηση νέων τεχνικών μείωσης της απώλειας της κινητικής ενέργειας κατά τη φάση αυτή, προκειμένου να υπάρξει η βέλτιστη αξιοποίησή της.

VIII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alexander, M. J. L. (1990). Peak torque values for antagonist muscle groups and concentric and eccentric contraction types for elite sprinters. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 71, 334-339.
- Alexander, R. M. (1990). Optimum take-off techniques for high and long jumps. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 329(1252), 3-10.
- Arampatzis, A., Bruggemann, G. P., & Walsch, M. (1999). *Long jump*. Oxford: Meyer & Meyer Sport
- Arampatzis, A., Walsh, M., & Brüggemann, G.-P. (1998). *Biomechanical analysis of the long jump at the WAC Athens 1997*. Paper presented at the ISBS- XI Symposium, Konstanz - Germany.
- Aura, O., & Komi, P. V. (1986). The mechanical efficiency of locomotion in men and women with special emphasis on stretch-shortening cycle exercises. *European Journal of Applied Physiology*, 55(1), 37-43.
- Aura, O., & Viitasalo, J. T. (1989). Biomechanical Characteristics of Jumping. *JAB*, 5, 1.
- Backman, E., & Oberg, B. (1989). Isokinetic muscle torque in the dorsiflexors of the ankle in children 6-15 years of age. Normal values and evaluation of the method. *Scand J Rehabil Med*, 21(2), 97-103.
- Baltzopoulos, V., & Brodie, D. A. (1989). Isokinetic dynamometry. Applications and limitations. *Sports Med*, 8(2), 101-116.
- Baltzopoulos, V., & Kellis, E. (1998). Isokinetic strength during childhood and adolescence. In P. Van Praagh (Ed.), *Pediatric Anaerobic Performance* (pp. 225-240): Human Kinetics.
- Barrow, J. D. (2001). Answer to Question #58. Is a good long jumper a good high jumper? *American Journal of Physics* 69(2), 105-106.
- 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.
- Blazevich, A. J., & Jenkins, D. G. (1998). Predicting sprint running times from isokinetic and squat lift tests: a regression analysis. *J. Strength Cond. Res*, 12(2), 101-103.
- Bobbert, M. F., Gerritsen, K. G. M., Litjens, M. C. A., & Van Soest, A. J. (1996). Why is countermovement jump height greater than squat jump height. *Med Sci Sports Exerc*, 28(11), 1402-1412.
- Bosco, C. (1992). Strength Assessment with the Bosco's Test. *Societv Stampa Sportiva, Rome*.

- Bosco, C., Belli, A., Astrua, M., Tihanyi, J., Pozzo, R., Kellis, S., et al. (1995). A dynamometer for evaluation of dynamic muscle work. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 70(5), 379-386.
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 50(2), 273-282.
- Bosco, C., Tarkka, I., & Komi, P. V. (1982). Effect of elastic energy and myoelectrical potentiation of triceps surae during stretch-shortening cycle exercise. *Int J Sports Med*, 3(3), 137-140.
- Bowerman, W. J., & Freeman, W. H. (1991). *High-Performance Training for Track and Field: Human Kinetics*.
- Brüggemann, G. P., & Susanka, P. (1987). *The long jump*. London: International Athletic Foundation.
- Brueggemann, P., & Conrad, T. (1986). Άλμα σε μήκος. In P. Susanka, P. Brueggemann & E. Tsarouchas (Eds.), *Βιομηχανική έρευνα στον κλασικό αθλητισμό. 1ο Παγκόσμιο Πρωτάθλημα Εφήβων Νεανίδων* (pp. 89-119). Αθήνα.
- Cabri, J. M. (1991). Isokinetic strength aspects in human joints and muscles. *Appl Ergon*, 22(5), 299-302.
- Chow, J. W., & Hay, J. G. (2005). Computer simulation of the last support phase of the long jump. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 37(1), 115-123.
- Colliander, E. B., & Tesch, P. A. (1989). Bilateral eccentric and concentric torque of quadriceps and hamstring muscles in females and males. *European Journal of Applied Physiology*, 59(3), 227-232.
- Costain, R., & Williams, A. K. (1984). Isokinetic quadriceps and hamstring torque levels of adolescent female soccer players. *J. Orthop. Sports Phys. Ther*, 5, 196-200.
- Cress, N. M., Peters, K. S., & Chandler, J. M. (1992). Eccentric and concentric force-velocity relationships of the quadriceps femoris muscle. *J Orthop Sports Phys Ther*, 16, 82-86.
- Derse, E., & Stolley, S. (1995). *Track & field*. Los Angeles: Health for Life.
- Diatchkov, V. M. (1953). *The long Jump* (in Russian). *Physical Culture and Sport*.
- Dick, F. (1978). Horizontal jumps. *Track and Field Quarterly Review*, 78, 60-61.
- Doolittle, D. (1982). The long jump-demonstrated by Carl Lewis. *Track and Field Quarterly Review*, 82, 10-11.
- Dyson, G. H. G. (1977). *The Mechanics of Athletes*. New York: Holmes & Meier.
- Ecker, T. (1996). *Basic track & field biomechanics* (2nd ed.). Mountain View, CA: Tafnews Press.

- Fugl-Meyer, A. R. (1981). Maximum isokinetic ankle plantar and dorsal flexion torques in trained subjects. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 47(4), 393-404.
- Fukashiro, S., & Komi, P. V. (1987). Joint moment and mechanical power flow of the lower limb during vertical jump. *International Journal of Sports Medicine*, 8 Suppl 1, 15-21.
- Fukashiro, S., Wakayama, A., Kojima, T., & Arai, T. (1993). *World record long jump: Three dimensional analysis of take of motion of Powel and Lewis*. Paper presented at the XIVth Congress of the International Society of Biomechanics, Paris, France.
- Ghena, D. R., Kurth, A. L., Thomas, M., & Mayhew, J. (1991). Torque characteristics of the quadriceps and hamstring muscles during concentric and eccentric loading. *J Orthop Sports Phys Ther*, 14, 149-153.
- Glad, B., & Brueggemann, P. (1990). Biomechanical analysis of the long jump In B. Glad & P. Brueggemann (Eds.), *Scientific research project at the games of the XXIVth Olympiad- Seoul 1988* (pp. 263-301). Monaco: International Athletic Foundation.
- Glize, D., & Laurent, M. (1997). Controlling locomotion during the acceleration phase in sprinting and long jump. *Journal of Sports Sciences*, 15(2), 181-189.
- Gordon, C., Chumlea, W., & Roche, A. (1988). Stature, recumbent length and weight. In T. Lohman, A. Roche & R. Martorell (Eds.), *Anthropometric Standardization Reference Manual*. Champaign, IL: Human Kinetics Books.
- Graham-Smith, P., & Lees, A. (2005). A three-dimensional kinematic analysis of the long jump take-off. *Journal of Sports Science and Medicine* 23(9), 891-903.
- Hanzely, S. (2001). Answer to Question #58. Is a good long jumper a good high jumper? *American Journal of Physics* 69(2), 105.
- Harris, W. D. (1997). Question #58. Is a good long jumper a good high jumper? *American Journal of Physics*, 65(2), 105
- Hartmann, J., & Tuennemann, H. (1989). *Σύγχρονη Προπόνηση Δύναμης*. Θεσσαλονίκη: Σάλτο.
- Hatze, H. (1981). A comprehensive model for human motion simulation and its application to the take-off phase of the long jump. *Journal of Biomechanics* 14(3), 135-142.
- Hay, J. G. (1978). *The biomechanics of sports techniques* (2d ed.). Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Hay, J. G. (1986). The biomechanics of the long jump. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 14, 401-446.
- Hay, J. G. (1988). Approach Strategies in the Long Jump. *International Journal of Sport Biomechanics*, 4, 114-129.

- 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., & 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.
- Hay, J. G., Miller, J. A., & Canterna, R. W. (1986). The techniques of elite male long jumpers. *Journal of Biomechanics* 19(10), 855-866.
- Hay, J. G., & Nohara, H. (1990). Techniques used by elite long jumpers in preparation for takeoff. *Journal of Biomechanics* 23(3), 229-239.
- Hay, J. G., & Reid, J. G. (1988). *Anatomy, mechanics, and human motion* (2nd ed.). Englewood Cliffs, N.J.: 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(2), 159-172.
- Heyward, V. H., & Stolarczyk, L. M. (1996). *Applied body composition assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Hinrichs, R. N., Munkasy, B. A., & Chinworth, S. A. (1989). *An analysis of angular momentum during the run-up and take off in long jumping*. Paper presented at the XII International Congress of Biomechanics, Los Angeles.
- Hubley, C. L., & Wells, R. P. (1983). A work-energy approach to determine individual joint contributions to vertical jump performance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50(2), 247-254.
- Jarver, J., & Boase, G. (1984). Helsinki observations-horizontal jumps. *Modern Athlete and Coach*, 22, 3-7.
- Kellis, E., & Baltzopoulos, V. (1995). Isokinetic eccentric exercise. *Sports Med*, 19(3), 202-222.
- Kellis, S. (2001). Bilateral isokinetic concentric and eccentric strength profiles of the knee extensors and flexors in young soccer players. *Isokinetics and Exercise Science*, 9(1), 31-39.
- Koh, T., & Hay, J. (1990). Landing leg motion and performance in the horizontal jumps: 1. The long jump. *International Journal of Sports Biomechanics*, 6, 343-360.
- Kramer, J. F., Vaz, M. D., & Hakansson, D. (1991). Effect of activation force on knee extensor torques. *Med Sci Sports Exerc*, 23(2), 231-237.
- Larkins, C. (1989). The take of drill for the long jump. *Track Technique*, 107, 3415-3572.
- Lee, D. N., Lishman, J. R., & Thomson, J. A. (1982). Regulation of gait in long jumping. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*(8), 448-459.

- 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.
- Lees, A., Graham-Smith, P., & Fowler, N. (1994). A biomechanical analysis of the last stride, touchdown, and takeoff characteristics of men's long jump. *Journal of Applied Biomechanics*, *10*, 61-68.
- Linthorne, N. P. (in press). Throwing and jumping for maximum horizontal range *American Journal of Physics*.
- Linthorne, N. P., Guzman, M. S., & Bridgett, L. A. (2005). Optimum take-off angle in the long jump. *Journal of Sports Sciences*, *23*(7), 703-712.
- Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1979). Mechanical power and segmental contribution to force impulses in long jump take-off. *European journal of applied physiology and occupational physiology* *41*(4), 267-274.
- Mayer, F., Horstmann, T., Rocker, K., Heitkamp, H. C., & Dickhuth, H. H. (1994). Normal values of isokinetic maximum strength, the strength/velocity curve, and the angle at peak torque of all degrees of freedom in the shoulder. *Int J Sports Med*, *15*(1), S19-25.
- Mohtadi, N. G., Kiefer, G. N., Tedford, K., & Watters, S. (1990). Concentric and eccentric quadriceps torque in pre-adolescent males. *Can J Sport Sci*, *15*(4), 240-243.
- Mueller, H., & Brueggemann, P. (1997). Long jump. In H. Muller & H. Hommel (Eds.), *Biomechanical research project at Vith World Championships in Athletics* (Vol. 12, pp. 43-73). Athens New Studies in athletics (Monaco)
- 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 Biomech*, *4*(1), 1-15.
- Nigg, B. M. (1974). *Sprung, Springen, Sprunge*. Zurich.
- Nixdorf, E., & Brüggemann, G. P. (1990). *Biomechanical analysis of the long jump*. Monaco: International Athletic Foundation.
- Nixdorf, E., & Brüggemann, G. P. (1983). Zur Absprungvorbereitung beim Weitsprung - Eine biomechanische Untersuchung zum Problem der Körperschwerpunktsenkung [On the preparation for takeoff in the long jump-A biomechanical investigation into the problem of lowering the center of gravity]. *Die Lehre der Leichtathletik*, *41*, 1539-1541.
- Nixdorf, E., & Brüggemann, G. P. (1988). *Biomechanical analysis of the long jump* Monaco: International Athletic Foundation.
- Nolan, L., & Lees, A. (2000). Touch-down and take-off characteristics of the long jump performance of world level above- and below-knee amputee athletes. *Ergonomics*, *43*(10), 1637-1650.

- Omura, I., Liboshi, A., Koyama, H., Muraki, Y., & Ae, M. (2005). *Analysis of the approach run and the takeoff in the Japanese junior long jumpers* Paper presented at the ISB XXth Congress - ASB 29th Annual Meeting.
- Ozolin, N. G. (1965). *The fundamentals of jumping technique*. Moscow: Physical Culture and Sport.
- Pandy, M. G., Zajac, F. E., Sim, E., & Levine, W. S. (1990). An optimal control model for maximum-height human jumping. *Journal of Biomechanics*, 23(12), 1185-1198.
- Perrin, D. H. (1993). *Isokinetic exercise and assessment*: Human Kinetics Publishers.
- Radcliffe, J. C., & Farentinos, R. C. (1999). *High-powered Plyometrics*: Human Kinetics Champaign, IL.
- Ramey, M. R. (1973). Significance of angular momentum in long jumping. *Research Quarterly*, 44(4), 488-497.
- Red, W. E., & Zogaib, A. J. (1977). Javelin dynamics including body interaction. *Journal of Applied Mechanics*, 44, 496-498.
- Rex, A. (2001). Answer to Question #58. Is a good long jumper a good high jumper? *American Journal of Physics* 69(2), 104-105.
- Schmidtbleicher, D., & Gollhofer, A. (1982). *Leistungssport*.
- Schmolinsky, G. (1983). *Track and field*. Berlin: Sportverlag.
- Scott, M. A., Li, F. X., & Davids, K. (1997). Expertise and the regulation of gait in the approach phase of the long jump. *Journal of Sports Sciences*, 15(6), 597-605.
- Seyfarth, A., Blickhan, R., & Van Leeuwen, J. L. (2000). Optimum take-off techniques and muscle design for long jump. *Journal of Experimental Biology*, 203(Pt 4), 741-750.
- Seyfarth, A., Bobbert, M. F., & Blickhan, R. (in press). The origin of spring-like leg behaviour in Long Jump.
- Seyfarth, A., Friedrichs, A., Wank, V., & Blickhan, R. (1999). Dynamics of the long jump. *Journal of Biomechanics*, 32(12), 1259-1267.
- Seymour, R. J., & Bacharach, B. W. (1990). The effect of position and speed on ankle plantar flexion in females. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 12, 153-156.
- Siluyanov, V., & Maximov, R. (1978). Speed and strength in the long jump. *Yessis Review of Physical Education and Sports*, 13, 71-73.
- So, C. H. (1994). Isokinetic profile of dorsiflexors and plantar flexors of the ankle--a comparative study of elite versus untrained subjects.

- Tan, A., & Zumerchic, J. (2000). Kinematics of the long jump. *The Physics Teacher*, 38, 147-149.
- Tiupa, V. V., Aleshinskii, S. I., & Pereverzev, S. P. (1982). The biomechanics of the movement of the body's general center of mass during the long jump (in Russian). *Theoria i Praktika Fizicheskoi Kkulturi*, 2 11-14.
- Tsiokanos, A., Kellis, E., Jamurtas, A., & Kellis, S. (2002). The relationship between jumping performance and isokinetic strength of hip and knee extensors and ankle plantar flexors. *Isokinetics and exercise science*, 10(2), 107-115.
- Viitasalo, J. T. (1988). Evaluation of explosive strength for young and adult athletes. *Res. Q. Exerc. Sport*, 59(1), 9-13.
- Vincent, W. J. (1995). *Statistics in Kinesiology: Human Kinetics*.
- Walmsley, R. P., Pearson, N., & Stymiest, P. (1986). Eccentric wrist extensor contractions, and the force velocity relationship in muscle. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 8, 288-293.
- Westing, S. H., Seger, J. Y., Karlson, E., & Ekblom, B. (1988). Eccentric and concentric torque-velocity characteristics of the quadriceps femoris in man. *European Journal of Applied Physiology*, 58(1), 100-104.
- Wilt, F. (1974). Getting the "hang" in the long jump. *Athletic Journal*, 54, 28-29.
- Witters, J., Bohets, W., & Coppenolle, H. V. (1992). A model of the elastic take-off energy in the long jump. *Journal of Sports Sciences*, 10(6), 533-540.
- Young, W., & Marino, W. (1984). The takeoff in the long and triple jumps. *Modern Athlete and Coach*, 22, 11-14.
- Κέλλης, Σ., Γεροδήμος, Β., & Μάνου, Β. (2001). Ισοκινητική αξιολόγηση των εκτεινόντων μυών και καμπτήρων μυών του γονάτου σε νεαρούς επίλεκτους ποδοσφαιριστές. *Φυσική Αγωγή και Αθλητισμός*, 45, 30-41.
- Κέλλης, Σ., Μάνου, Β., Αρσενίου, Π., & Μπαγιάτης, Κ. (1996). Αξιολόγηση ταχυδυναμικών ικανοτήτων εκτεινόντων μυων των κάτω άκρων σε αθλητές στίβου. *Φυσική Αγωγή και Αθλητισμός*, 38, 2-10.
- Φαφούτης, Ε., & Ευθυμίου, Δ. (1994). *Τα άλματα*. Αθήνα: Σ. Αθανασόπουλος -Σ. Παπαδάμης & Σια Ε.Ε.

VII. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.

Δήλωση Συγκατάθεσης

Συναίνεση δοκιμαζόμενου σε ερευνητική εργασία

1. Ενημέρωση για την ερευνητική εργασία

Σκοπός της μελέτης αυτής είναι να διερευνηθεί κατά πόσο η ισχύς των κάτω άκρων (τρέξιμο ταχύτητας, επιτόπια άλματα, ισοκινητική αξιολόγηση) επιδρά στην επίδοση στο άλμα σε μήκος και ποια από τα τεχνικά χαρακτηριστικά (ανάλυση βίντεο) συνεισφέρουν περισσότερο στην επίδοση στο άλμα σε μήκος.

Τρέξιμο ταχύτητας

30 m μέγιστη δρομική ταχύτητα με 20 m επερχόμενη ταχύτητα (2 προσπάθειες).

Αλτική ικανότητα

Επιτόπιο κάθετο άλμα από ημικάθισμα (2 προσπάθειες).

Επιτόπιο άλμα με αντίθετη κίνηση (2 προσπάθειες).

Άλμα βάθους από ύψος 40 cm (2 προσπάθειες).

Άλμα βάθους από ύψος 80 cm (2 προσπάθειες).

Ισοκινητική αξιολόγηση

Άρθρωση του γονάτου, ομόκεντρη συστολή των εκτεινόντων μυών με γωνιακή ταχύτητα 60 °/s.

Άρθρωση του γονάτου, έκκεντρη συστολή των εκτεινόντων μυών με γωνιακή ταχύτητα 60 °/s.

Άρθρωση του γονάτου, ομόκεντρη συστολή των εκτεινόντων μυών με γωνιακή ταχύτητα 300 °/s.

Άρθρωση του γονάτου, έκκεντρη συστολή των εκτεινόντων μυών με γωνιακή ταχύτητα 300 °/s.

Ποδοκνημική άρθρωση, ομόκεντρη συστολή των μυών που εκτελούν πελματιαία κάμψη με γωνιακή ταχύτητα 60 °/s.

Ποδοκνημική άρθρωση, έκκεντρη συστολή των μυών που εκτελούν πελματιαία κάμψη με γωνιακή ταχύτητα 60 °/s.

Ποδοκνημική άρθρωση, ομόκεντρη συστολή των μυών που εκτελούν πελματιαία κάμψη με γωνιακή ταχύτητα 120 °/s.

Ποδοκνημική άρθρωση, έκκεντρη συστολή των μυών που εκτελούν πελματιαία κάμψη με γωνιακή ταχύτητα 120 °/s.

Άλμα σε μήκος σε αγωνιστικές συνθήκες

Τρεις επιτυχείς μέγιστες προσπάθειες (βιντεοσκόπηση για ανάλυση της τεχνικής).

2. Κίνδυνοι και ενοχλήσεις

Οι μετρήσεις είναι ακίνδυνες. Όμως υπάρχει πρόβλεψη για πρώτες βοήθειες και εκπαιδευμένο προσωπικό για κάθε ενδεχόμενο.

3. Προσδοκώμενες ωφέλειες

Τα ευρήματα της μελέτης θα δώσουν τη δυνατότητα σε αθλητές και προπονητές να κατανοήσουν καλύτερα τη σύνδεση μεταξύ ταχυδυναμικών και τεχνικών χαρακτηριστικών με την επίδοση στο άλμα σε μήκος, σε ό,τι αφορά στις προσπάθειες αλτών της αναπτυξιακής φάσης.

4. Πληροφόρηση

Μη διστάσεις να κάνεις ερωτήσεις γύρω από το σκοπό, τον τρόπο πραγματοποίησης της έρευνας και τις επιδόσεις σου στις εξεταζόμενες δοκιμασίες. Αν έχεις κάποιες αμφιβολίες ή ερωτήσεις, ζήτησέ μας πρόσθετες εξηγήσεις.

5. Ελευθερία συναίνεσης

Η συμμετοχή σου στη μελέτη είναι εθελοντική. Είσαι ελεύθερος να μην συναινέσεις για τη συμμετοχή σου, αν έτσι επιθυμείς.

Διάβασα το έντυπο αυτό και κατανοώ τις διαδικασίες στις οποίες θα συμμετάσχω. Συναινώ να συμμετάσχω στην έρευνα αυτή.

Υπογραφή δοκιμαζόμενου

Υπογραφή μάρτυρα

Υπογραφή ερευνητή

Τρίκαλα / /2002

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.

Καρτέλα καταγραφής προσωπικών στοιχείων και πρωτόκολλα μετρήσεων

ΕΠΙΘΕΤΟ:

ΟΝΟΜΑ:

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΓΕΝΝΗΣΗΣ:

ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗ ΗΛΙΚΙΑ:

ΚΑΛΥΤΕΡΗ ΕΠΙΔΟΣΗ:

ΠΕΡΣΙΝΗ ΕΠΙΔΟΣΗ:

Σ.Β.: ΥΨΟΣ:

ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΙ:

<i>ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ</i>	<i>SJ</i>	<i>CMJ</i>	<i>DJ40</i>	<i>DJ80</i>
1				
2				

Facility Name: bill
 Patient Name: Nikos
 Report Type: Isokinetic Numeric Status
 Muscle Group: CON/ECC EXTS
 DAP/Action: 0101 Knee Extension/Flexion CON/ECC EXTS

CYBEX Evaluation
 Patient ID: almata35
 Report Date: May 23, 1981
 Body Weight (Kg): 77,00

	Right - Involved	23/5/81
BW (Kg) / Max GET (Nm)	77,00	23,00
Repetitions	5 5	

CONCENTRIC EXTENSORS

Speed (°/Sec)	60	300
Peak Torque (Nm)	254	148
Peak Torque % BW	329.9%	192.2%
Angle of Peak Torque	69°	83°
Torque @ °		
Torque @ °		
Accel. Time	0.011	0.112
Total Work (BWR) (Joule)	343	192
Total Work (BWR) % BW	445.9%	250.3%
Avg Power (BWR) (Watts)	178.6	439.0
Avg Power (BWR) % BW	232.0%	570.1%
ASD	17.0	18.0
COV	11.0	24.0
Set Total Work	1,630	831
Endurance Ratio		
50% Fatigue Work		
50% Fatigue Time (Sec)		
50% Fatigue Reps		
Work Recovery Ratio		

ECCENTRIC EXTENSORS

Speed (°/Sec)	60	300
Peak Torque (Nm)	-409	-314
Peak Torque % BW	-531.2%	-407.8%
Angle of Peak Torque	74°	91°
Torque @ °		
Torque @ °		
Accel. Time	0.186	0.377
Total Work (BWR) (Joule)	-483	-402
Total Work (BWR) % BW	-627.5%	-522.8%
Avg Power (BWR) (Watts)	-237.7	-566.5
Avg Power (BWR) % BW	-308.7%	-865.5%
ASD	21.0	46.0
COV	0.0	0.0
Set Total Work	-2,322	-1,688
Endurance Ratio		
50% Fatigue Work	-2,321	-1,685
50% Fatigue Time (Sec)	10	4
50% Fatigue Reps	5	5
Work Recovery Ratio		

CONCENTRIC EXTENSORS / ECCENTRIC EXTENSORS

Peak Torque	-62.1%	-47.1%
Torque @ °		
Torque @ °		
Total Work (BWR)	-71.1%	-47.9%
Avg Power (BWR)	-75.2%	-65.9%
Set Total Work	-70.2%	-49.3%
Average ROM (109°)	108°	109°

Signed: _____

Date: _____

Version 2.06

COPYRIGHT CYBEX International, Inc. 1996

Facility Name: bill
 Patient Name: Nikos
 Report Type: Isokinetic Numeric Status
 Muscle Group: CON/ECC PFS
 DAP/Action: 0103 Ankle Plantar/Dorsiflexion Prone CON/ECC PFS

CYBEX Evaluation
 Patient ID: almata35
 Report Date: May 23, 1981
 Body Weight (Kg): 77,00

Right - Involved 23/5/81
 BW (Kg) / Max GET (Nm) 77,00 / 0,00
 Repetitions 5 5

CONCENTRIC PLANTARFLEXORS

Speed (%/Sec)	60	120
Peak Torque (Nm)	148	148
Peak Torque % BW	192.2%	192.2%
Angle of Peak Torque	-2°	4°
Torque @ °		
Torque @ °		
Accel. Time	0.028	0.052
Total Work (BWR) (Joule)	67	73
Total Work (BWR) % BW	87.9%	95.3%
Avg Power (BWR) (Watts)	77.0	167.1
Avg Power (BWR) % BW	100.0%	217.0%
ASD	23.0	23.0
COV	31.0	30.0
Set Total Work	284	306
Endurance Ratio		
50% Fatigue Work		
50% Fatigue Time (Sec)		
50% Fatigue Reps		
Work Recovery Ratio		

ECCENTRIC PLANTARFLEXORS

Speed (%/Sec)	60	120
Peak Torque (Nm)	-162	-171
Peak Torque % BW	-210.4%	-222.1%
Angle of Peak Torque	1°	7°
Torque @ °		
Torque @ °		
Accel. Time	0.226	0.227
Total Work (BWR) (Joule)	-73	-86
Total Work (BWR) % BW	-95.8%	-112.0%
Avg Power (BWR) (Watts)	-74.6	-157.2
Avg Power (BWR) % BW	-96.9%	-204.1%
ASD	10.0	21.0
COV	0.0	0.0
Set Total Work	-349	-351
Endurance Ratio		
50% Fatigue Work	-347	-350
50% Fatigue Time (Sec)	5	2
50% Fatigue Reps	5	5
Work Recovery Ratio		

CONCENTRIC PLANTARFLEXORS / ECCENTRIC PLANTARFLEXORS

Peak Torque	-91.4%	-86.5%
Torque @ °		
Torque @ °		
Total Work (BWR)	-91.7%	-85.0%
Avg Power (BWR)	-103.2%	-106.3%
Set Total Work	-81.6%	-87.1%
Average ROM (46°)	45°	45°

Signed: _____

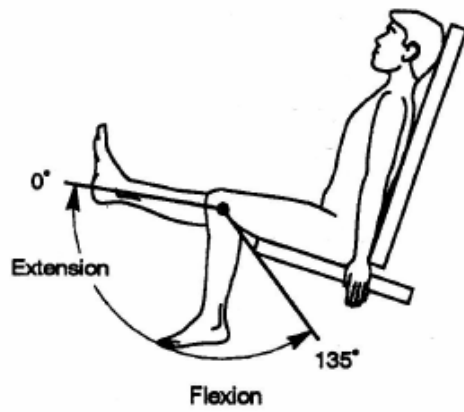
Date: _____

Version 2.06

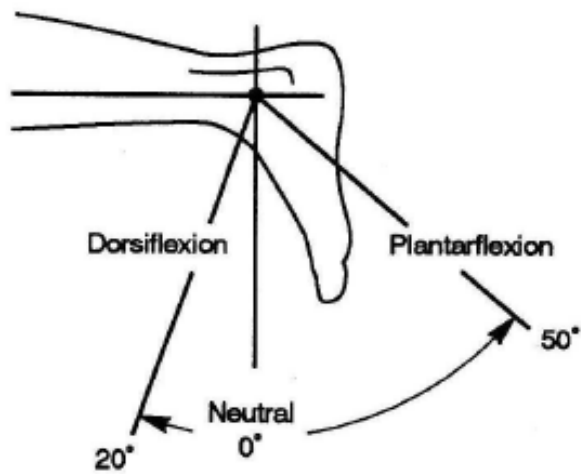
COPYRIGHT CYBEX International, Inc. 1996

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ.

Ισοκινητική αξιολόγηση της μέγιστης ροπής των εκτεινόντων του γονάτου και των μυών των εκτελούντων πελματιαία κάμψη στην ποδοκνημική



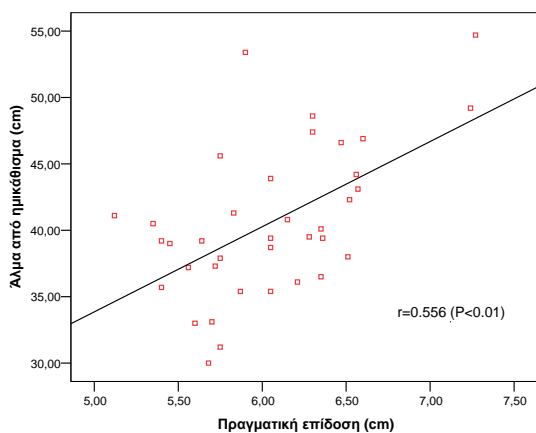
Σχήμα III- 1. Ισοκινητική αξιολόγηση των εκτεινόντων του γονάτου



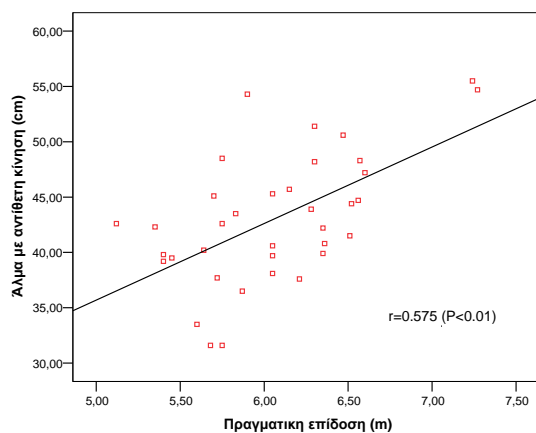
Σχήμα III- 2. Ισοκινητική αξιολόγηση των μυών των εκτελούντων πελματιαία κάμψη στην ποδοκνημική

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV.

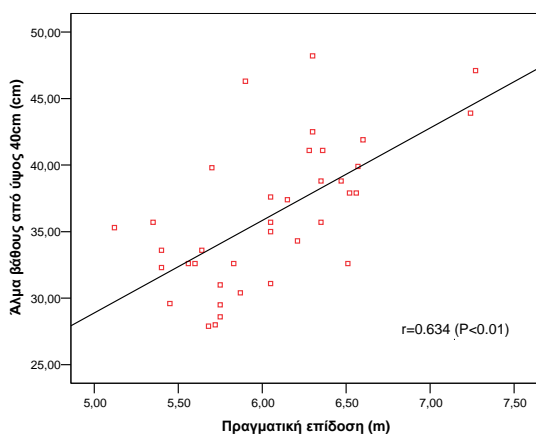
Παρουσίαση της συσχέτισης μεταξύ των δοκιμασιών ισχύος των κάτω άκρων και των κινηματικών χαρακτηριστικών της φάσης απογείωσης με την πραγματική επίδοση



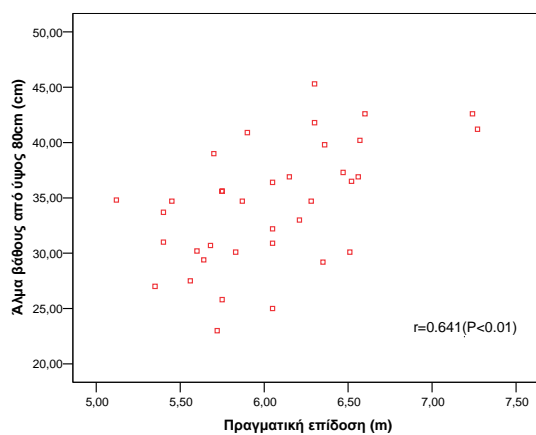
Σχήμα IV- 1. Συσχέτιση του κατακόρυφου άλματος από ημικάθισμα με την πραγματική επίδοση.



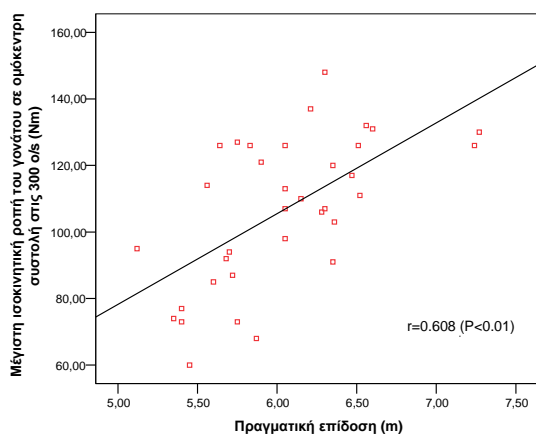
Σχήμα IV- 2. Συσχέτιση του άλματος με αντίθετη κίνηση με την πραγματική επίδοση.



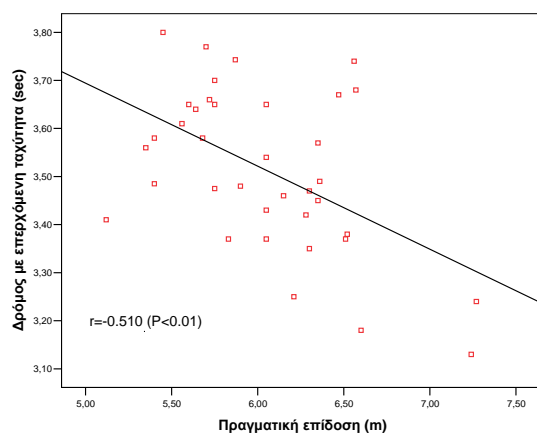
Σχήμα IV- 3. Συσχέτιση του άλματος βάθους από ύψος 40 cm με την πραγματική επίδοση.



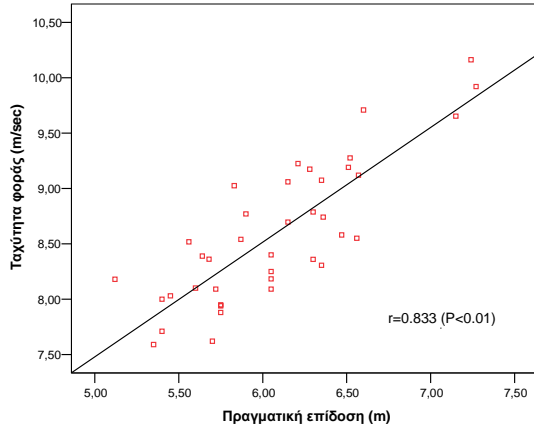
Σχήμα IV- 4. Συσχέτιση του άλματος βάθους από ύψος 80 cm με την πραγματική επίδοση.



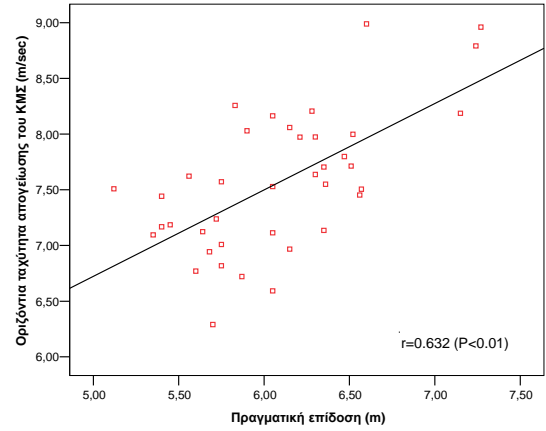
Σχήμα IV- 5. Συσχέτιση της μέγιστης ισοκινητικής ροπής του γονάτου σε ομόκεντρη συστολή στις 300°/s με την πραγματική επίδοση.



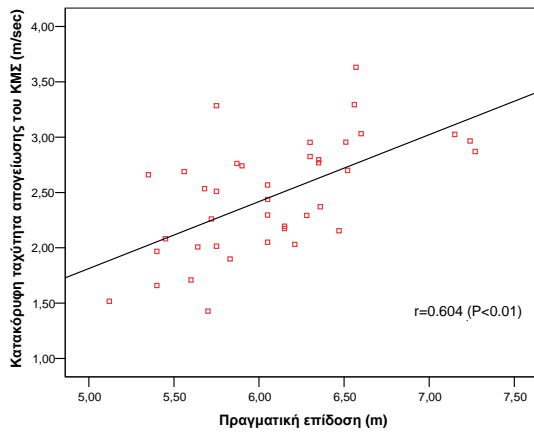
Σχήμα IV- 6. Συσχέτιση της επίδοσης στο δρόμο με επερχόμενη ταχύτητα με την πραγματική επίδοση.



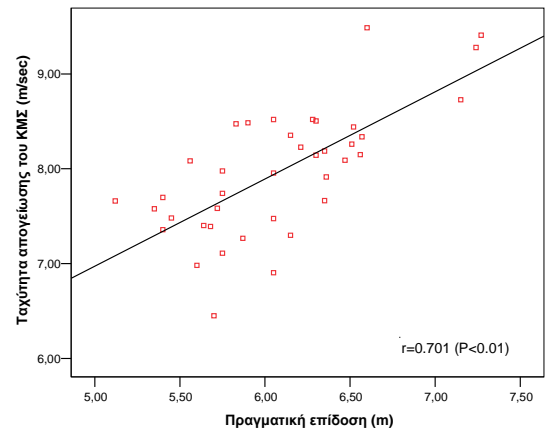
Σχήμα IV- 7. Συσχέτιση της ταχύτητας της φεράς με την πραγματική επίδοση.



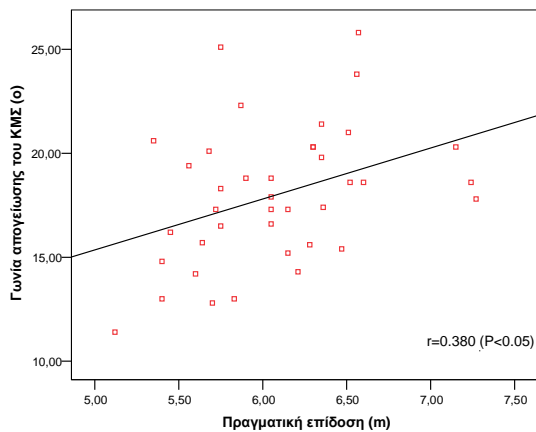
Σχήμα IV- 8. Συσχέτιση της οριζόντιας ταχύτητας απογείωσης του ΚΜΣ με την πραγματική επίδοση.



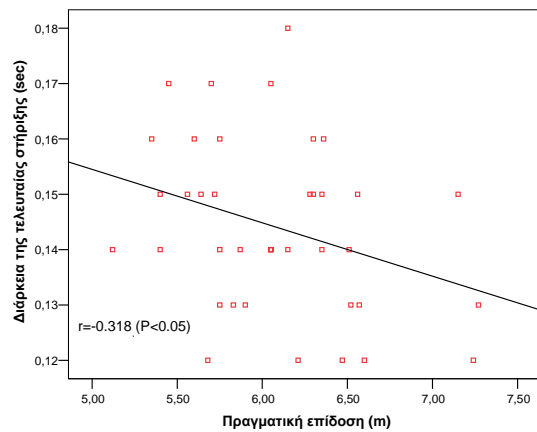
Σχήμα IV- 9. Συσχέτιση της κατακόρυφης ταχύτητας απογείωσης του ΚΜΣ με την πραγματική επίδοση.



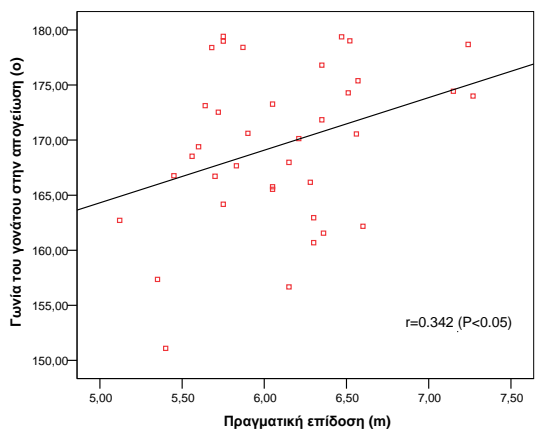
Σχήμα IV- 10. Συσχέτιση της ταχύτητας απογείωσης του ΚΜΣ με την πραγματική επίδοση.



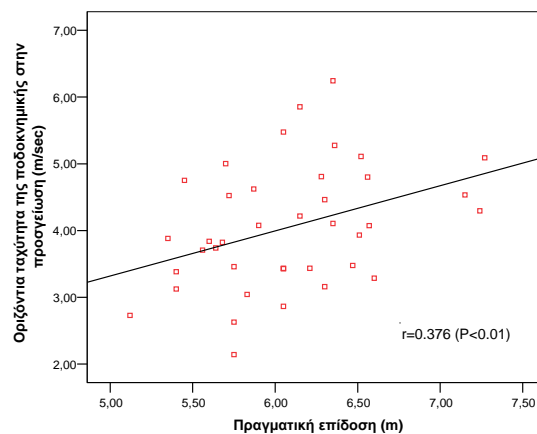
Σχήμα IV- 11. Συσχέτιση της γωνίας απογείωσης του ΚΜΣ με την πραγματική επίδοση.



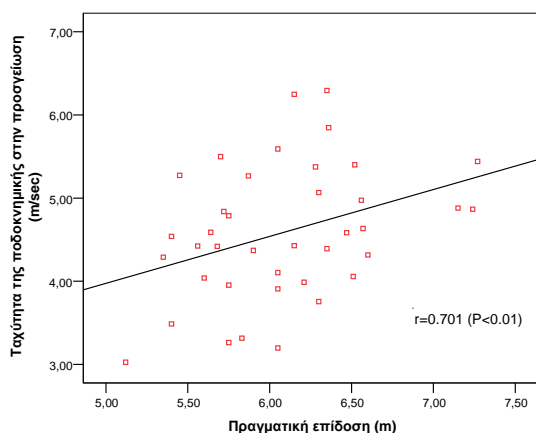
Σχήμα IV- 12. Συσχέτιση της διάρκειας της τελευταίας στήριξης με την πραγματική επίδοση.



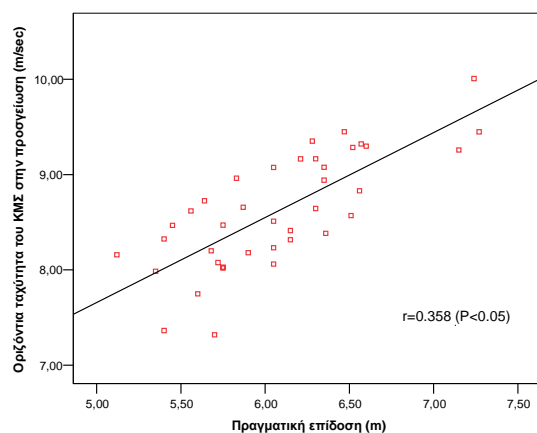
Σχήμα IV- 13. Συσχέτιση της γωνίας του γονάτου στην απογείωση με την πραγματική επίδοση.



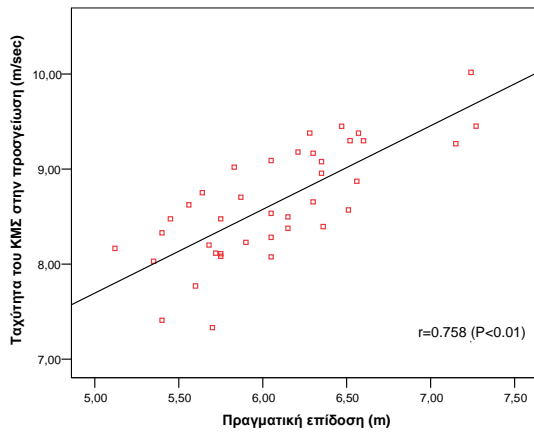
Σχήμα IV- 14. Συσχέτιση της οριζόντιας ταχύτητας της ποδοκνημικής στην προσγείωση με την πραγματική επίδοση



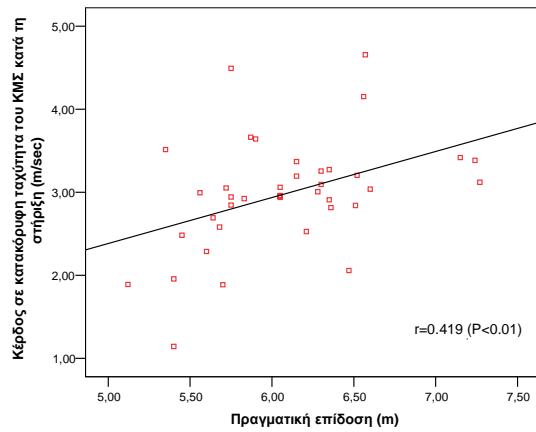
Σχήμα IV- 15. Συσχέτιση της ταχύτητας της ποδοκνημικής στην προσγείωση με την πραγματική επίδοση.



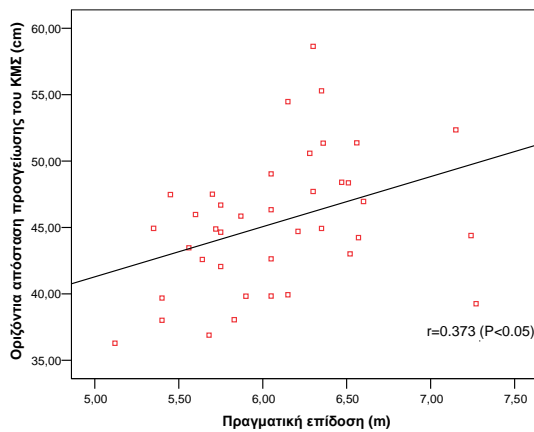
Σχήμα IV- 16. Συσχέτιση της οριζόντιας ταχύτητας του ΚΜΣ στην προσγείωση με την πραγματική επίδοση.



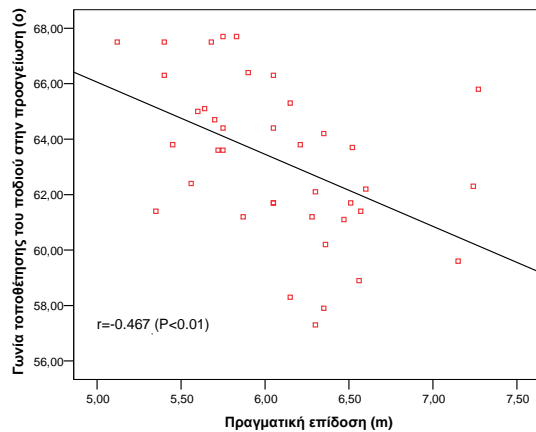
Σχήμα IV- 17. Συσχέτιση της ταχύτητας του ΚΜΣ στην προσέγγιση με την πραγματική επίδοση.



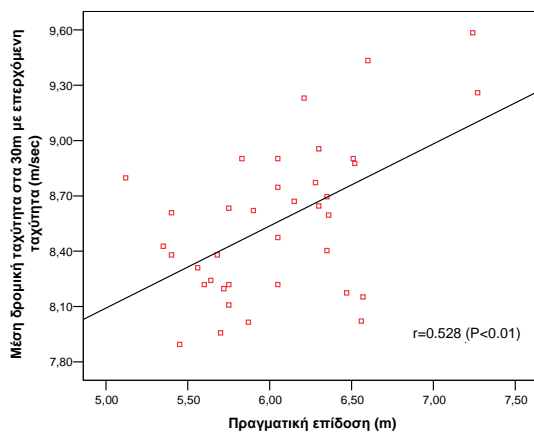
Σχήμα IV- 18. Συσχέτιση του κέρδους σε κατακόρυφη ταχύτητα του ΚΜΣ κατά τη στήριξη με την πραγματική επίδοση.



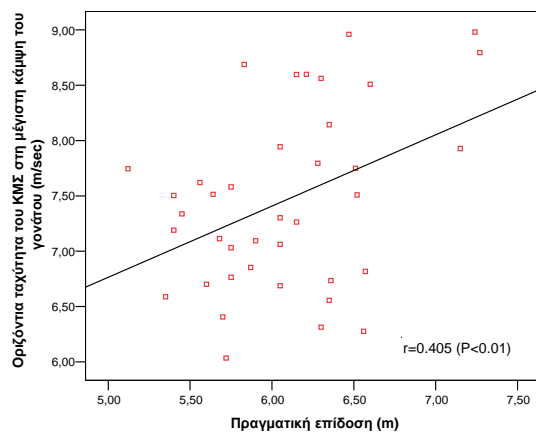
Σχήμα IV- 19. Συσχέτιση της οριζόντιας απόστασης προσέγγισης του ΚΜΣ με την πραγματική επίδοση.



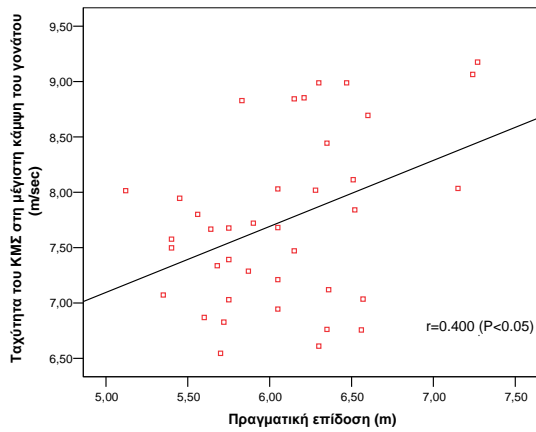
Σχήμα IV- 20. Συσχέτιση της γωνίας τοποθέτησης του ποδιού στην προσέγγιση με την πραγματική επίδοση.



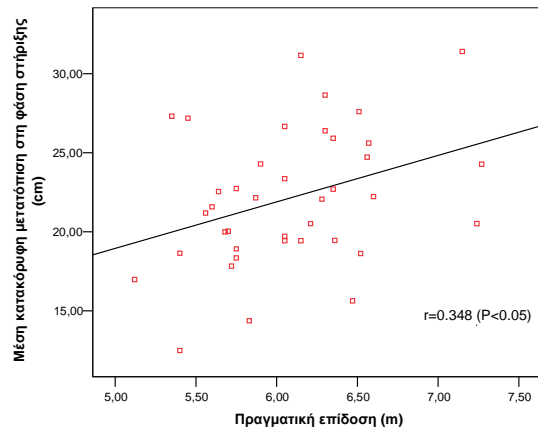
Σχήμα IV- 21. Συσχέτιση της μέγιστης δρομικής ταχύτητας στα 30m με επερχόμενη ταχύτητα με την πραγματική επίδοση.



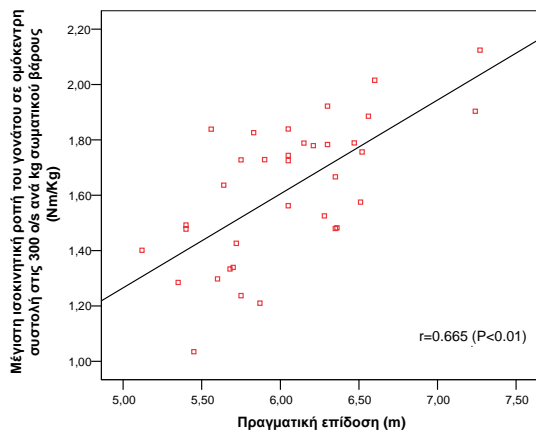
Σχήμα IV- 22. Συσχέτιση της οριζόντιας ταχύτητας του ΚΜΣ στη μέγιστη κάμψη του γονάτου.



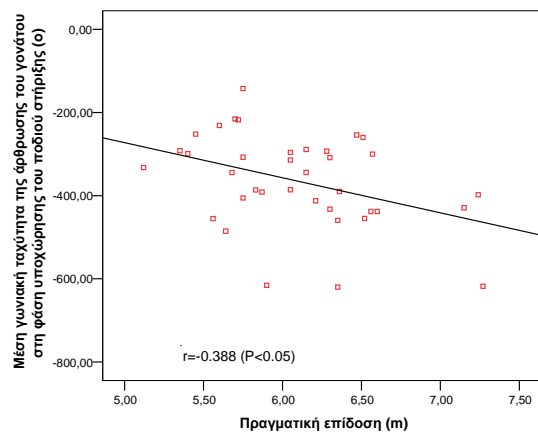
Σχήμα IV- 23. Συσχέτιση της ταχύτητας του ΚΜΣ στη μέγιστη κάμψη του γονάτου με την πραγματική επίδοση.



Σχήμα IV- 24. Συσχέτιση της μέσης κατακόρυφης μετατόπισης στη φάση στήριξης με την πραγματική επίδοση.



Σχήμα IV- 25. Συσχέτιση της μέγιστης ισοκινητικής ροπής του γονάτου σε ομόκεντρη συστολή στις 300°/s ανά kg σωματικού βάρους με την πραγματική επίδοση



Σχήμα IV- 26. Συσχέτιση της μέσης γωνιακής ταχύτητας της άρθρωσης του γονάτου στη φάση υποχώρησης του ποδιού στήριξης με την πραγματική επίδοση.