

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Διαφορές στην κάθετη αλτικότητα μεταξύ αθλητών στίβου,
μπάσκετ και ποδοσφαίρου
Differences in Vertical Jump between track and field,
basketball and football athletes

Βασιλική Χάιτα

Επιβλέπων Καθηγητής:
Βασίλειος Βουστελάς



ΤΕΦΑΑ

Σεπτέμβριος, 2025

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	σελ. 3
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ. 5
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	σελ. 6
III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	σελ. 8
IV. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	σελ. 10
V. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	σελ. 11
VI. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	σελ. 15
VII. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	σελ. 17
VIII. ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	σελ. 17
IX. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	σελ. 18

Διαφορές στην κάθετη αλτικότητα μεταξύ αθλητών στίβου, μπάσκετ και ποδοσφαίρου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κάθετη αλτικότητα αποτελεί μία από τις βασικότερες εκφράσεις εκρηκτικής δύναμης των κάτω άκρων και χρησιμοποιείται εκτενώς στην αθλητική επιστήμη ως δείκτης αξιολόγησης της φυσικής κατάστασης, της προπονητικής αποτελεσματικότητας και της αγωνιστικής ικανότητας. Στόχος της παρούσας μελέτης ήταν η διερεύνηση των διαφορών στην κάθετη αλτικότητα μεταξύ αθλητών στίβου, μπάσκετ και ποδοσφαίρου, σε βασικές κινητικές και μηχανικές παραμέτρους.

Στη μελέτη συμμετείχαν συνολικά 24 άνδρες αθλητές, κατανεμημένοι σε τρεις ισάριθμες ομάδες ($n=8$ ανά άθλημα). Όλοι οι συμμετέχοντες ήταν υγιείς, χωρίς ιστορικό πρόσφατων μυοσκελετικών τραυματισμών, και συμμετείχαν εθελοντικά. Η διαδικασία συλλογής δεδομένων πραγματοποιήθηκε σε τρεις διαδοχικές συνεδρίες. Στην πρώτη συνεδρία καταγράφηκαν τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά (ηλικία, βάρος, ύψος και μήκος κάτω άκρων), ενώ στη δεύτερη και την τρίτη συνεδρία πραγματοποιήθηκαν τα άλματα αντίθετης κίνησης (CMJ) και Drop Jump (DJ) αντίστοιχα. Όλες οι δοκιμασίες εκτελέστηκαν υπό δύο συνθήκες: με χρήση αθλητικών παπουτσιών και ξυπόλυτα. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με δυναμοδάπεδο για την καταγραφή δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους και με βιντεοσκόπηση μέσω GoPro, η οποία αναλύθηκε με το λογισμικό Kinovea για την εξαγωγή γωνιακών παραμέτρων.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στο CMJ υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στο ύψος άλματος μεταξύ των ομάδων ($F(2,14)=6.16$, $p=0.012$, $\eta^2p=0.468$), με τους αθλητές στίβου (39.2 ± 10.3 cm) να υπερέχουν σημαντικά έναντι των αθλητών μπάσκετ (21.9 ± 13.7 cm, $p=0.02$). Αντίθετα, στο DJ δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των τριών αθλημάτων. Στην Peak GRF κατά το CMJ παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($F(2,14)=7.01$, $p=0.029$, $\eta^2p=0.500$), με τους μπασκετικούς να εμφανίζουν υψηλότερες τιμές (2165 ± 382 N) σε σύγκριση με τους αθλητές στίβου (1845 ± 176 N, $p=0.032$). Στο DJ δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στην Peak GRF. Στις γωνιακές παραμέτρους, η μέγιστη έκταση ισχίου στο DJ εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές ($F(2,14)=19.56$, $p<0.001$, $\eta^2p=0.736$), με τους αθλητές στίβου ($164 \pm 6.3^\circ$) να υπερέχουν τόσο έναντι των μπασκετικών ($149 \pm 4.5^\circ$, $p=0.002$) όσο και έναντι των ποδοσφαιριστών ($152 \pm 6.4^\circ$, $p=0.006$). Αντιθέτως, η μέγιστη κάμψη ισχίου, γόνατος και ποδοκνημικής δεν ανέδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων. Συμπερασματικά, η κάθετη αλτικότητα διαφοροποιείται σημαντικά μεταξύ αθλητών διαφορετικών αθλημάτων, γεγονός που αντανακλά τις ιδιαιτερότητες των προπονητικών προτύπων και των αγωνιστικών απαιτήσεων. Οι αθλητές στίβου παρουσίασαν υψηλότερη απόδοση στο ύψος άλματος και στη μέγιστη έκταση ισχίου, ενώ οι αθλητές μπάσκετ εμφάνισαν υψηλότερες τιμές Peak GRF, πιθανόν λόγω του σωματικού τους βάρους. Η μελέτη υπογραμμίζει τη σημασία της εξειδικευμένης αξιολόγησης της αλτικότητας και μπορεί να προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες για τον σχεδιασμό προπονητικών προγραμμάτων, τη βελτίωση της απόδοσης και την πρόληψη τραυματισμών.

Λέξεις Κλειδιά: Κάθετο άλμα, εκρηκτική δύναμη, δυνάμεις αντίδρασης εδάφους, άλμα με αντίθετη κίνηση (CMJ), άλμα από πτώση (DJ), κινηματική, στίβος, μπάσκετ, ποδόσφαιρο, αθλητική απόδοση, προπόνηση, πρόληψη τραυματισμών

Differences in Vertical Jump between track and field, basketball and football athletes

ABSTRACT

Vertical jump performance is one of the most important expressions of explosive lower-limb power and is widely used in sports science as an indicator of physical condition, training effectiveness, and athletic performance. The purpose of the present study was to investigate the differences in vertical jump ability among track and field, basketball, and soccer athletes, on key mechanical and kinematic parameters.

A total of 24 male athletes participated in the study, equally divided into three groups (n=8 per sport). All participants were healthy, with no recent musculoskeletal injuries, and volunteered after providing informed consent. Data collection was conducted over three sessions. In the first session, anthropometric measurements (age, body mass, height, and leg length) were recorded. In the second and third sessions, athletes performed the Countermovement Jump (CMJ) and the Drop Jump (DJ), respectively. All jumps were performed under two conditions: with athletic shoes and barefoot. Ground reaction forces were measured using a force platform, while kinematic parameters were recorded using a GoPro camera and analyzed with Kinovea software.

The results showed statistically significant differences in CMJ jump height among groups ($F(2,14)=6.16$, $p=0.012$, $\eta^2p=0.468$), with track and field athletes (39.2 ± 10.3 cm) outperforming basketball athletes (21.9 ± 13.7 cm, $p=0.02$). In contrast, no significant differences were observed in DJ jump height. For CMJ Peak GRF, significant differences were found ($F(2,14)=7.01$, $p=0.029$, $\eta^2p=0.500$), with basketball players exhibiting higher values (2165 ± 382 N) compared to track and field athletes (1845 ± 176 N, $p=0.032$). This result may be partly explained by their greater body mass, as GRF values were not normalized to body weight. No significant differences in Peak GRF were observed in the DJ. Regarding joint kinematics, maximum hip extension in the DJ showed highly significant differences ($F(2,14)=19.56$, $p<0.001$, $\eta^2p=0.736$), with track and field athletes ($164 \pm 6.3^\circ$) achieving greater extension than both basketball ($149 \pm 4.5^\circ$, $p=0.002$) and soccer athletes ($152 \pm 6.4^\circ$, $p=0.006$).

Conversely, maximum hip flexion, knee flexion, and ankle dorsiflexion/plantarflexion did not differ significantly among groups.

In conclusion, vertical jump ability differs significantly among athletes from different sports, reflecting the impact of sport-specific training demands and movement patterns. Track and field athletes demonstrated superior jump height and hip extension, while basketball athletes exhibited higher Peak GRF values, possibly due to greater body mass. These findings highlight the importance of specialized assessment of vertical jump performance and provide valuable insights for training design, performance enhancement, and injury prevention.

Key words: Vertical jump, explosive power, ground reaction force, countermovement jump (CMJ), drop jump (DJ), kinematics, track and field, basketball, soccer, athletic performance, training, injury prevention.

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αθλητική απόδοση αποτελεί πολυπαραγοντική έννοια, η οποία εξαρτάται από τον συνδυασμό φυσιολογικών, τεχνικών, ψυχολογικών και τακτικών παραμέτρων. Στο πλαίσιο των φυσικών ικανοτήτων, η εκρηκτική δύναμη και ιδίως η κάθετη αλτικότητα διαδραματίζουν καίριο ρόλο σε πληθώρα αθλημάτων που απαιτούν υψηλής έντασης κινήσεις, όπως τα άλματα, τα σπριντ, οι αλλαγές κατεύθυνσης και οι μονομαχίες στον αέρα. Η ικανότητα του αθλητή να παραγάγει μέγιστη δύναμη σε περιορισμένο χρονικό διάστημα αντανakλά τη λειτουργική ακεραιότητα του νευρομυϊκού του συστήματος και συνδέεται άμεσα με την επιτυχία στο αγωνιστικό περιβάλλον.

Παρά τις κοινές φυσιολογικές αρχές που διέπουν την αλτικότητα, η εξειδίκευση του κάθε αθλήματος επιφέρει διακριτές προσαρμογές σε επίπεδο τεχνικής, ενεργοποίησης μυϊκών ομάδων και μεταβλητών κινητικής απόδοσης. Αθλητές στίβου (ιδιαίτερα των δρομικών και αλτικών αγωνισμάτων), παίκτες μπάσκετ και ποδοσφαιριστές εμφανίζουν διαφοροποιημένα πρότυπα κίνησης και προπονητικής στοχοθεσίας, γεγονός που επηρεάζει την ανάπτυξη και τη χρήση της κάθετης αλτικότητας. Η σύγκριση της αλτικότητας μεταξύ διαφορετικών αθλητικών πλαισίων δύναται να αποκαλύψει λειτουργικές και βιοκινητικές διαφοροποιήσεις, χρήσιμες τόσο για την κατανόηση της απόδοσης όσο και για τον σχεδιασμό πιο στοχευμένων προγραμμάτων ενδυνάμωσης.

Πέραν των ενδοαθλητικών διαφορών, ένα στοιχείο που συχνά παραβλέπεται αλλά ενδέχεται να επηρεάζει καθοριστικά την απόδοση, είναι η υπόδηση. Τα αθλητικά παπούτσια, ανάλογα με τον σχεδιασμό, την απορρόφηση κραδασμών, τη σκληρότητα και τη μορφολογία της σόλας, μπορούν να τροποποιήσουν τη μεταφορά δυνάμεων, την ευθυγράμμιση των αρθρώσεων και τη χρονική κατανομή της απογείωσης. Σε

αρκετές μελέτες έχει αναδειχθεί η σημασία των παπουτσιών στην πρόληψη τραυματισμών και στην οικονομία της κίνησης, χωρίς όμως να υπάρχει ομοφωνία ως προς την επίδρασή τους σε μέγιστες εκρηκτικές προσπάθειες όπως τα άλματα.

Η αξιολόγηση της κάθετης αλτικότητας στην παρούσα εργασία πραγματοποιείται με τη χρήση του δυναμοδάπεδου, μιας τεχνολογίας υψηλής αξιοπιστίας που επιτρέπει την αντικειμενική καταγραφή των μηχανικών χαρακτηριστικών του άλματος. Συμπληρωματικά, αξιοποιείται και βιντεοσκόπηση μέσω GoPro κάμερας, με ανάλυση στο πρόγραμμα Kinevea, ώστε να ενισχυθεί η παρατήρηση της κίνησης και να εξαχθούν δεδομένα τεχνικής φύσεως.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία επιδιώκει να καλύψει ένα ερευνητικό κενό, εξετάζοντας συγκριτικά την κάθετη αλτικότητα σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες αθλητών (στίβου, μπάσκετ, ποδοσφαίρου), σε δύο διαφορετικές συνθήκες αι με τη χρήση δύο διαφορετικών δοκιμασιών (CMJ και DJ). Στόχος της μελέτης είναι να διερευνηθεί η επίδραση του αθλήματος και της υπόδησης στην εκρηκτική δύναμη των κάτω άκρων, παρέχοντας ποσοτικά δεδομένα που μπορούν να αξιοποιηθούν για την εξατομίκευση προγραμμάτων βελτίωσης απόδοσης και την πρόληψη τραυματισμών.

II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Η κάθετη αλτικότητα αποτελεί μία από τις σημαντικότερες εκφράσεις εκρηκτικής δύναμης των κάτω άκρων και συνδέεται στενά με την αθλητική απόδοση σε πληθώρα αγωνισμάτων. Η ικανότητα ενός ατόμου να πραγματοποιεί άλματα υψηλής έντασης εξαρτάται από πλήθος παραμέτρων: τη μέγιστη μυϊκή ισχύ, την ταχύτητα συστολής των μυϊκών ινών, τη νευρομυϊκή συναρμογή, την ενεργοποίηση του stretch-shortening cycle (SSC) και την αποδοτική τεχνική εκτέλεσης του άλματος (Bobbert & van Ingen Schenau, 1988; Komi, 2000; Markovic, 2007).

Ο κύκλος διάτασης-βράχυνσης (SSC) είναι ο θεμελιώδης μηχανισμός που επιτρέπει τη μέγιστη αξιοποίηση της αποθηκευμένης ελαστικής ενέργειας. Κατά την έκκεντρη φάση του άλματος, αποθηκεύεται μηχανική ενέργεια στους μυοτενόντιους ιστούς, η οποία απελευθερώνεται στην ομόκεντρη φάση, ενισχύοντας την παραγωγή δύναμης (Komi & Gollhofer, 1997; Mero et al., 1992). Η αποτελεσματικότητα του μηχανισμού αυτού διαφοροποιείται μεταξύ αθλητών διαφορετικών αθλημάτων, ανάλογα με τα ερεθίσματα που δέχεται το νευρομυϊκό τους σύστημα (Cormie et al., 2011).

Η σημασία της κάθετης αλτικότητας διαφέρει ανάλογα με τις απαιτήσεις του κάθε αθλήματος. Οι αθλητές στίβου, ιδιαίτερα σε σπριντ και άλματα, παρουσιάζουν υψηλό επίπεδο παραγωγής ισχύος (Weyand et al., 2000), ενώ

στο μπάσκετ, η ικανότητα για επαναλαμβανόμενα άλματα συνδέεται άμεσα με αγωνιστικές ενέργειες όπως τα καρφώματα και τα ριμπάουντ (McInnes et al., 1995). Στο ποδόσφαιρο, αν και δίνεται έμφαση στην ταχύτητα και την αντοχή, η εκρηκτική δύναμη των κάτω άκρων είναι κρίσιμη για δράσεις όπως οι κεφαλές και οι εναέριες μονομαχίες (Lees & Nolan, 1998; Sporis et al., 2010).

Για την αντικειμενική αξιολόγηση της αλτικότητας, το δυναμοδάπεδο θεωρείται το πλέον αξιόπιστο εργαλείο. Μετρά τις δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους, επιτρέποντας ακριβείς υπολογισμούς ύψους άλματος, μηχανικής ισχύος, χρόνου επαφής και ρυθμού ανάπτυξης δύναμης (Street et al., 2001; McMahon et al., 2018). Η χρήση πολλών παραμέτρων ενισχύει την ακρίβεια και την ερμηνευτική αξία των δεδομένων.

Ένας ακόμα παράγοντας που σχετίζεται με την απόδοση αλλά και με την πρόληψη τραυματισμών είναι η μυϊκή συμμετρία. Ασυμμετρίες άνω του 10–15% μεταξύ δεξιού και αριστερού άκρου σχετίζονται με αυξημένο κίνδυνο τραυματισμού, ιδιαίτερα στα αθλήματα με συχνές μετατοπίσεις και άλματα (Impellizzeri et al., 2007; Hewett et al., 2005). Η αποκατάσταση και διατήρηση ισορροπίας δύναμης μεταξύ των άκρων αποτελεί βασικό στόχο της προπονητικής παρέμβασης.

Η επίδραση των αθλητικών υποδημάτων έχει επίσης μελετηθεί στη διεθνή βιβλιογραφία. Παράμετροι όπως το πάχος και η σκληρότητα της σόλας, η απορρόφηση κραδασμών και η εργονομία μπορούν να επηρεάσουν τη μεταφορά δύναμης, τη σταθερότητα και τη συνολική βιομηχανική απόδοση (Cheung & Ng, 2012; Waddington & Adams, 2003). Αν και τα παπούτσια με μαλακή σόλα μειώνουν τις δυνάμεις πρόσκρουσης, πιθανώς περιορίζουν το ύψος άλματος, σε αντίθεση με πιο σκληρά υποδήματα, τα οποία αυξάνουν την απόδοση εις βάρος της προστασίας των αρθρώσεων (Harman & Frykman, 2002; LaPorta et al., 2017).

Τέλος, καθοριστικός είναι ο ρόλος της προπονητικής μεθοδολογίας. Η προπόνηση με πλειομετρικές ασκήσεις έχει συνδεθεί με σημαντικές βελτιώσεις στην απόδοση της κάθετης αλτικότητας, τη νευρομυϊκή συναρμογή και την αποδοτικότητα του SSC (Markovic & Mikulic, 2010; Ramirez-Campillo et al., 2018). Ωστόσο, η επιλογή προπονητικών ερεθισμάτων οφείλει να προσαρμόζεται στο άθλημα, το επίπεδο του αθλητή και τα λειτουργικά του χαρακτηριστικά.

Η παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση αναδεικνύει τη σημασία της κάθετης αλτικότητας ως δείκτη φυσικής κατάστασης και αγωνιστικής ικανότητας, καθώς και τη σημασία της πολυπαραγοντικής προσέγγισης στην αξιολόγηση και βελτίωσή της.

III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η παρούσα ερευνητική μελέτη σχεδιάστηκε με σκοπό να διερευνήσει τις διαφορές στην κάθετη αλτικότητα μεταξύ αθλητών στίβου, μπάσκετ και ποδοσφαίρου, καθώς και την επίδραση της χρήσης αθλητικών υποδημάτων στην απόδοσή τους. Για τον σκοπό αυτό αξιοποιήθηκαν δύο είδη αλμάτων: το Countermovement Jump (CMJ) και το Drop Jump (DJ) από ύψος 30 cm, τα οποία αποτελούν καθιερωμένες και αξιόπιστες μεθόδους αξιολόγησης της εκρηκτικής δύναμης των κάτω άκρων.

Συνολικά συμμετείχαν 24 άνδρες αθλητές, κατανεμημένοι ισομερώς σε τρεις ομάδες των οκτώ (n=8), ανάλογα με το κύριο άθλημά τους: στίβος, μπάσκετ και ποδόσφαιρο. Η ηλικία των συμμετεχόντων κυμαινόταν από 18 έως 24 ετών. Όλοι οι συμμετέχοντες ήταν υγιείς, χωρίς καταγεγραμμένους μυοσκελετικούς τραυματισμούς κατά τους έξι μήνες πριν από τη συμμετοχή στη μελέτη, και δεν λάμβαναν φαρμακευτική αγωγή που θα μπορούσε να επηρεάσει την αθλητική απόδοση.

Η συμμετοχή στη μελέτη ήταν εθελοντική. Προηγήθηκε πλήρης προφορική και γραπτή ενημέρωση σχετικά με τη διαδικασία και τα δικαιώματα των συμμετεχόντων και ζητήθηκε η υπογραφή εντύπου συγκατάθεσης. Η έρευνα ακολούθησε τις αρχές της δεοντολογίας και τις κατευθυντήριες γραμμές της επιστημονικής ηθικής.

Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε σε τρεις διαδοχικές συνεδρίες. Κατά την πρώτη συνεδρία καταγράφηκαν ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά, όπως βάρος σώματος, ύψος, ηλικία και μήκος κάτω άκρων (ολικό και κατά τμήματα: ισχίο–γόνατο, γόνατο–αστράγαλο). Επιπλέον, οι αθλητές εξοικειώθηκαν με τα πρωτόκολλα των δοκιμασιών CMJ και DJ, προκειμένου να διασφαλιστεί η σωστή εκτέλεση και να περιοριστούν πιθανά σφάλματα εκμάρτησης.

Κατά τη δεύτερη συνεδρία πραγματοποιήθηκαν οι δοκιμασίες CMJ και κατά την τρίτη συνεδρία τα DJ. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση δυναμοδάπεδου, το οποίο κατέγραψε με ακρίβεια τις δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους και παρείχε δεδομένα σχετικά με το ύψος του άλματος, τον χρόνο επαφής και την εκτιμώμενη ισχύ. Επιπλέον, η καταγραφή των αλμάτων υποστηρίχθηκε από GoPro κάμερα, με στόχο την οπτική τεκμηρίωση της τεχνικής εκτέλεσης και την περαιτέρω ανάλυση της κίνησης. Η επεξεργασία των

βίντεο πραγματοποιήθηκε μέσω του προγράμματος Kιnovea, το οποίο επιτρέπει την ανάλυση κινησιολογικών παραμέτρων με ακρίβεια. Κάθε αθλητής εκτέλεσε τρεις έγκυρες προσπάθειες ανά δοκιμασία, τόσο με αθλητικά υποδήματα όσο και ξυπόλυτος, και χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος των προσπαθειών για την τελική ανάλυση.

Η επεξεργασία των δεδομένων περιλάμβανε τον υπολογισμό μέσων όρων και τυπικών αποκλίσεων για όλες τις βασικές μεταβλητές, καθώς και συγκριτική στατιστική ανάλυση μεταξύ των ομάδων αθλητών και των δύο συνθηκών (με/χωρίς παπούτσια), με στόχο την αξιολόγηση της επίδρασης του αθλήματος στην κάθετη αλτικότητα.

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά αθλητών Στίβου

Αθλητής	Ηλικία (έτη)	Βάρος (kg)	Ύψος (m)
A.I	22	74.25	1.83
E.Θ	18	70.20	1.78
N.N	18	73.65	1.74
K.N	21	65.30	1.79
Θ.K	24	69.35	1.78
M.Γ	22	77.50	1.78
M.X	18	71.50	1.86
Π.A	18	79.85	1.80
Mean	20.12	72.70	1.795
STDEV	± 2.42	± 4.65	± 0.036

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά αθλητών Μπάσκετ

Αθλητής	Ηλικία (έτη)	Βάρος (kg)	Ύψος (m)
K.Δ	21	81.20	1.74
M.Δ	22	85.00	1.79
X.Φ	18	72.50	1.79
Λ.B	20	78.70	1.86
M.K	22	89.50	1.86
K.Π	23	85.00	1.91
Φ.Π	21	87.50	1.83
Δ.Δ	24	91.00	1.94
Mean	21.38	83.80	1.84
STDEV	± 1.85	± 6.11	± 0.07

Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά αθλητών Ποδοσφαίρου

Αθλητής	Ηλικία (έτη)	Βάρος (kg)	Ύψος (m)
A.Θ	20	83.30	1.87
T.	19	72.40	1.81
M.Π	21	69.60	1.81
M.Γ	22	75.00	1.68
B.A	18	66.70	1.77
M.Λ	21	74.70	1.82
K.B	23	83.50	1.92
Π.Γ	18	76.80	1.91
Mean	20.25	75.25	1.82
STDEV	± 1.83	± 5.96	± 0.08

IV. Στατιστική Ανάλυση

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με χρήση του λογισμικού SPSS. Αρχικά ελέγχθηκε η κανονικότητα της κατανομής με το Shapiro–Wilk test, ενώ η ομοιογένεια των διακυμάνσεων εξετάστηκε με το Levene's test.

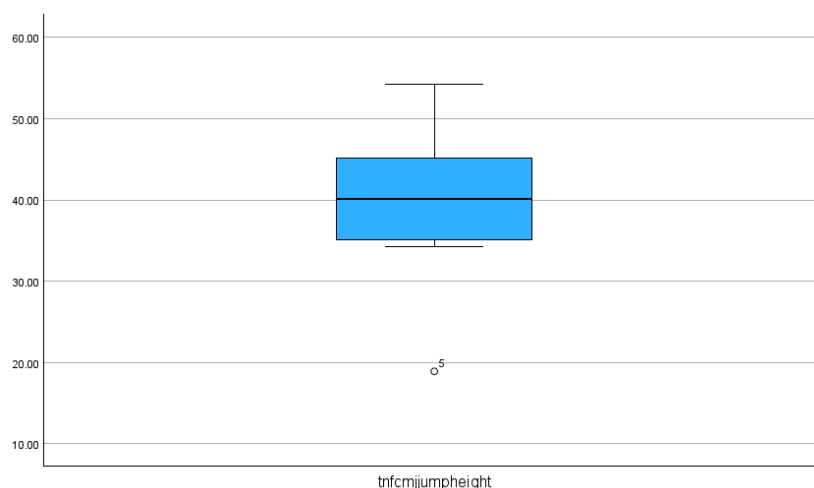
Για τη σύγκριση των διαφορών ανάμεσα στις τρεις ομάδες αθλητών (στίβος, μπάσκετ, ποδόσφαιρο) χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης μιας κατεύθυνσης (One-Way ANOVA). Σε περιπτώσεις που διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά, ακολούθησαν post-hoc pairwise συγκρίσεις με Bonferroni correction, προκειμένου να εντοπιστούν οι ομάδες που διέφεραν μεταξύ τους.

Για τα επαναλαμβανόμενα μέτρα (CMJ και DJ, με και χωρίς παπούτσια) εφαρμόστηκε Repeated Measures ANOVA, ώστε να εκτιμηθεί η επίδραση τόσο του τύπου άλματος όσο και της συνθήκης καθώς και πιθανές αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους.

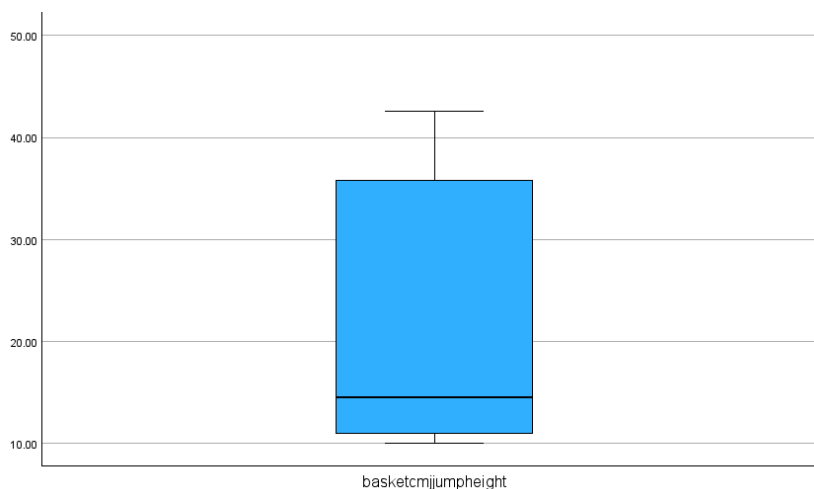
Η στατιστική σημαντικότητα ορίστηκε στο επίπεδο $p < 0.05$. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως μέσος όρος $\pm$ τυπική απόκλιση (Mean $\pm$ SD). Επιπλέον, για την εκτίμηση του μεγέθους της επίδρασης υπολογίστηκε το partial eta squared (η^2p), με τιμές >0.14 να θεωρούνται μεγάλου μεγέθους αποτελέσματα.

V. Αποτελέσματα

Η ανάλυση των δεδομένων ανέδειξε σημαντικές διαφοροποιήσεις στην κάθετη αλτικότητα μεταξύ των ομάδων αθλητών. Στο Countermovement Jump (CMJ) παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στο ύψος άλματος ($F(2,14)=6.16$, $p=0.012$, $\eta^2p=0.468$), με τους αθλητές στίβου (39.2 ± 10.3 cm) να εμφανίζουν υψηλότερες επιδόσεις σε σύγκριση με τους αθλητές μπάσκετ (21.9 ± 13.7 cm, $p=0.02$).

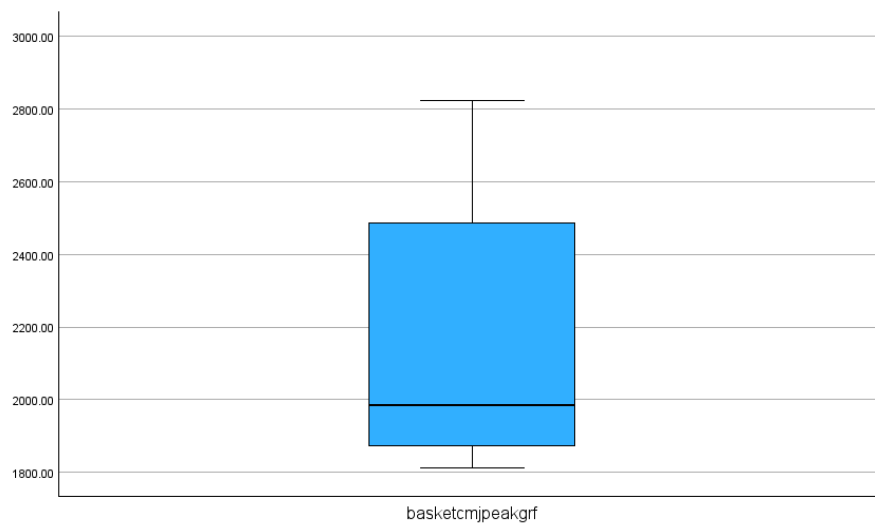


Εικόνα 1: κατανομή του ύψους άλματος (σε cm) για τους αθλητές στίβου κατά την εκτέλεση CMJ. Παρατηρείται υψηλός μέσος όρος σε σχέση με άλλες ομάδες, με ένα outlier χαμηλότερης επίδοσης.

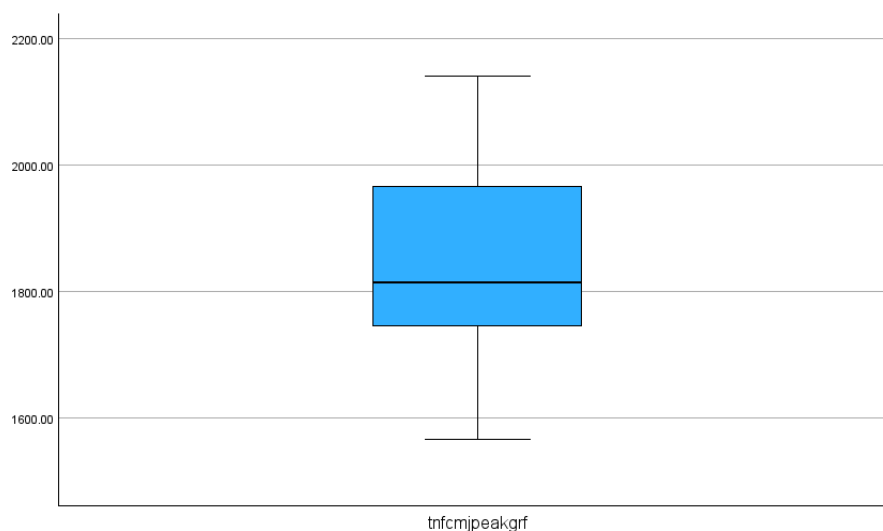


Εικόνα 2: Η κατανομή του ύψους άλματος των αθλητών μπάσκετ στο CMJ. Ο διάμεσος βρίσκεται αρκετά χαμηλότερα σε σχέση με τον στίβο, με μεγάλη διακύμανση τιμών.

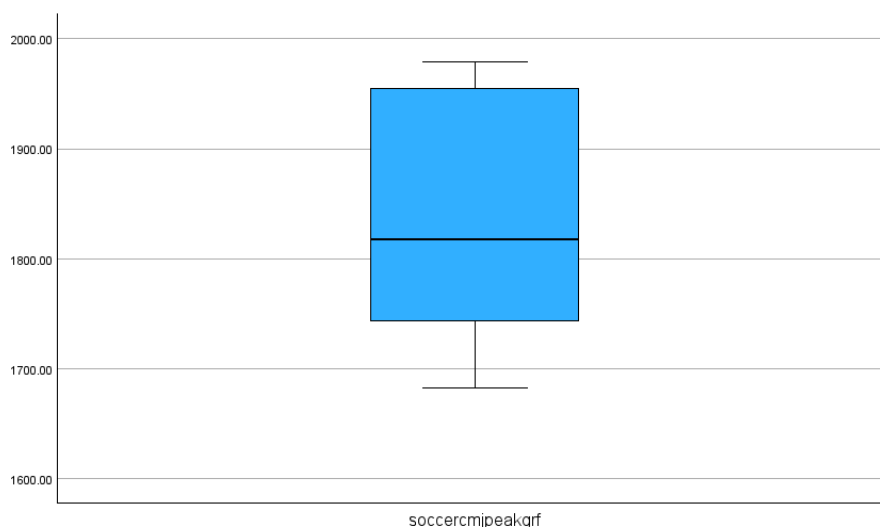
Αντίθετα, στο Drop Jump (DJ) δεν καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο ύψος άλματος μεταξύ των τριών ομάδων. Σχετικά με την Peak GRF στο CMJ, εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($F(2,14)=7.01$, $p=0.029$, $\eta^2p=0.500$), με τους αθλητές μπάσκετ (2165 ± 382 N) να παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές σε σχέση με τους αθλητές στίβου (1845 ± 176 N, $p=0.032$), ενώ οι τιμές στίβου και ποδοσφαίρου ήταν παρόμοιες. Στο DJ η Peak GRF δεν εμφάνισε σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των ομάδων.



Εικόνα 3: Peak GRF (N) για τους αθλητές μπάσκετ στο CMJ. Παρουσιάζουν υψηλότερες μέσες τιμές σε σχέση με τους άλλους, πιθανότατα λόγω μεγαλύτερης σωματικής μάζας.

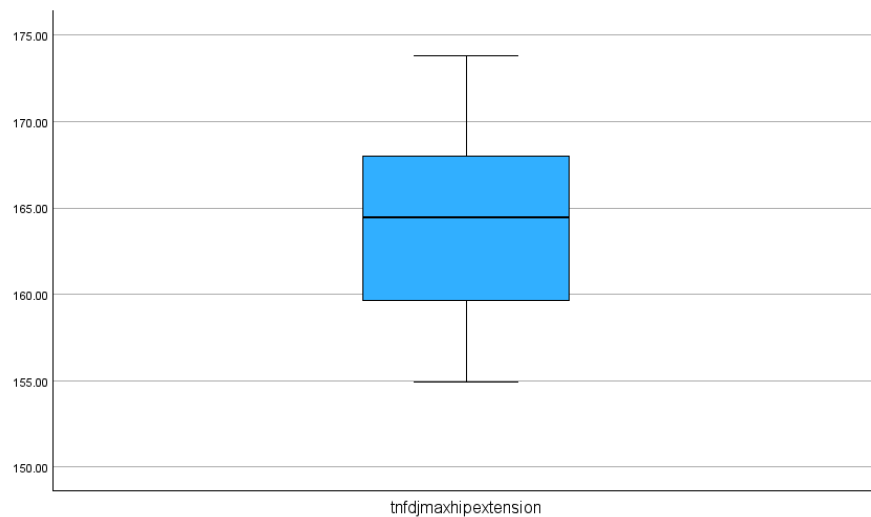


Εικόνα 4: Peak GRF (N) για τους αθλητές στίβου στο CMJ. Οι τιμές είναι χαμηλότερες από των μπασκετμπολιστών, παρά το μεγαλύτερο ύψος άλματος.

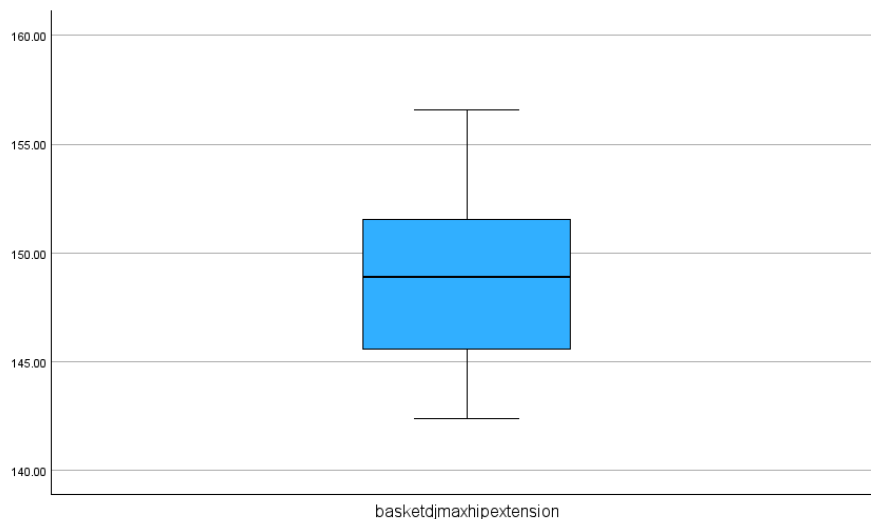


Εικόνα 5: Κατανομή Peak GRF (N) για τους ποδοσφαιριστές στο CMJ. Οι τιμές είναι ενδιάμεσες, κοντά στον στίβο, χωρίς ακραίες αποκλίσεις.

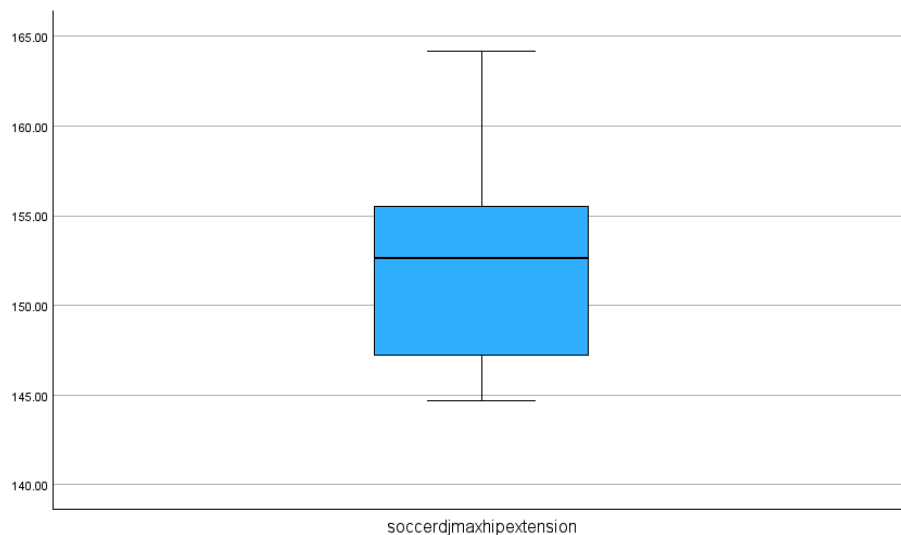
Αναφορικά με τις γωνιακές μεταβλητές, η μέγιστη κάμψη ισχίου δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές ούτε στο CMJ ούτε στο DJ. Στην έκταση ισχίου, δεν βρέθηκαν διαφορές στο CMJ, ενώ στο DJ καταγράφηκαν ισχυρά στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις ($F(2,14)=19.56$, $p<0.001$, $\eta^2p=0.736$), με τους αθλητές στίβου ($164 \pm 6.3^\circ$) να υπερέχουν σε σχέση με τους αθλητές μπάσκετ ($149 \pm 4.5^\circ$, $p=0.002$) και ποδοσφαίρου ($152 \pm 6.4^\circ$, $p=0.006$). Στην κάμψη γόνατος δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε κανένα από τα δύο άλματα. Στην έκταση γόνατος, το CMJ έδειξε σημαντική επίδραση με Repeated Measures ANOVA ($F(2,14)=4.69$, $p=0.028$, $\eta^2p=0.401$), χωρίς όμως οι post-hoc συγκρίσεις να αναδείξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, καταγράφοντας μόνο τάση υπεροχής των αθλητών στίβου ($158.4 \pm 9.5^\circ$) έναντι των ποδοσφαιριστών ($146 \pm 5.7^\circ$, $p=0.068$). Στο DJ η ανάλυση έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές ($F(2,14)=14.35$, $p<0.001$, $\eta^2p=0.672$), με τους αθλητές στίβου ($157.7 \pm 5.8^\circ$) να υπερέχουν σε σχέση με τους αθλητές μπάσκετ ($139.9 \pm 3.6^\circ$, $p<0.001$). Τέλος, στη ραχιαία και πελματιαία κάμψη της ποδοκνημικής δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε καμία από τις δύο δοκιμασίες.



Εικόνα 6: Μέγιστη έκταση ισχίου (°) στο DJ για τους αθλητές στίβου. Οι τιμές είναι υψηλότερες σε σχέση με τις άλλες ομάδες, επιβεβαιώνοντας τη στατιστική υπεροχή.



Εικόνα 7: Μέγιστη έκταση ισχίου (°) στο DJ για τους αθλητές μπάσκετ. Οι τιμές είναι χαμηλότερες σε σχέση με τον στίβο, αντανakλώντας τις στατιστικά σημαντικές διαφορές.



Εικόνα 8: Μέγιστη έκταση ισχίου (°) στο DJ για τους ποδοσφαιριστές. Οι τιμές βρίσκονται ενδιάμεσα σε σχέση με τις άλλες ομάδες, χαμηλότερες από τον στίβο αλλά υψηλότερες από το μπάσκετ, χωρίς ακραίες αποκλίσεις.

VI. Συζήτηση

Η παρούσα μελέτη είχε ως σκοπό να διερευνήσει τις διαφορές στην κάθετη αλτικότητα μεταξύ αθλητών στίβου, μπάσκετ και ποδοσφαίρου, καθώς και την επίδραση της χρήσης αθλητικών υποδημάτων στην απόδοση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι αθλητές στίβου παρουσίασαν υψηλότερες επιδόσεις στο ύψος του CMJ σε σχέση με τους αθλητές μπάσκετ, γεγονός που υπογραμμίζει τον καθοριστικό ρόλο της εκρηκτικής ισχύος στα αθλήματα του στίβου. Η συγκεκριμένη διαφορά είναι αναμενόμενη, καθώς οι προπονητικές απαιτήσεις του στίβου, ιδιαίτερα στα σπριντ και στα άλματα, βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στην ανάπτυξη της εκρηκτικής δύναμης των κάτω άκρων. Αντίθετα, οι αθλητές μπάσκετ, αν και πραγματοποιούν επαναλαμβανόμενα άλματα στον αγώνα, φαίνεται ότι το συνολικό προπονητικό τους φορτίο κατανέμεται και σε άλλες παραμέτρους, όπως η τεχνική, η τακτική και η αντοχή σε αγωνιστικές συνθήκες.

Η Peak GRF στο CMJ εμφάνισε υψηλότερες τιμές στους αθλητές μπάσκετ συγκριτικά με τους αθλητές στίβου, ωστόσο η ερμηνεία αυτού του αποτελέσματος απαιτεί προσοχή. Η διαφορά πιθανόν σχετίζεται με το μεγαλύτερο σωματικό βάρος των μπασκετμπολιστών, καθώς η GRF επηρεάζεται άμεσα από τη μάζα του σώματος. Αν αφαιρεθεί η επίδραση του σωματικού βάρους, η «καθαρή» μηχανική απόδοση πιθανόν να εμφανίζει μικρότερες διαφορές ή και διαφορετικό πρότυπο μεταξύ των ομάδων. Αυτό αναδεικνύει τη σημασία της κανονικοποίησης των δυνάμεων ως προς το σωματικό βάρος για την ακριβέστερη αξιολόγηση της εκρηκτικής ικανότητας.

Όσον αφορά τις γωνιακές μεταβλητές, οι αθλητές στίβου εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερες τιμές στην έκταση ισχίου και γόνατος στο DJ, σε σχέση με τους αθλητές μπάσκετ και ποδοσφαίρου. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει ότι οι σπρίντερ και οι άλτες του στίβου εκμεταλλεύονται αποτελεσματικότερα το stretch-shortening cycle, παράγοντας μεγαλύτερη μηχανική ισχύ κατά την ταχεία μετάβαση από την προσγείωση στην απογείωση. Η υπεροχή τους σε αυτές τις παραμέτρους πιθανότατα αντιστακλά τις εξειδικευμένες προπονητικές τους προσαρμογές, οι οποίες εστιάζουν στην ανάπτυξη εκρηκτικής δύναμης και στη βελτιστοποίηση της τεχνικής του άλματος.

Αντίθετα, στο CMJ η έκταση του γόνατος έδειξε μόνο τάση υπεροχής των αθλητών στίβου έναντι των ποδοσφαιριστών, χωρίς όμως στατιστικά σημαντική διαφορά. Η απουσία διαφοροποίησης σε αυτήν τη δοκιμασία μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι το CMJ απαιτεί περισσότερο ελεγχόμενη εκτέλεση και λιγότερο έντονη αξιοποίηση του stretch-shortening cycle σε σχέση με το DJ, όπου οι απαιτήσεις σε ταχύτητα ενεργοποίησης και νευρομυϊκή απόκριση είναι υψηλότερες.

Τα συνολικά ευρήματα της παρούσας μελέτης επιβεβαιώνουν τη βιβλιογραφία, σύμφωνα με την οποία οι αθλητές στίβου υπερέχουν στην παραγωγή εκρηκτικής δύναμης, ενώ οι αθλητές μπάσκετ εμφανίζουν μεγαλύτερες απόλυτες δυνάμεις λόγω αυξημένου σωματικού βάρους. Οι ποδοσφαιριστές, παρότι παρουσιάζουν ικανοποιητική εκρηκτικότητα, φαίνεται ότι δεν φτάνουν τα επίπεδα εξειδίκευσης των άλλων δύο ομάδων, καθώς η προπόνησή τους εστιάζει περισσότερο στην αντοχή και στην ταχύτητα.

Η πρακτική σημασία των ευρημάτων είναι διπλή: αφενός αναδεικνύεται η ανάγκη σχεδιασμού εξειδικευμένων προγραμμάτων προπόνησης που λαμβάνουν υπόψη τις αγωνιστικές απαιτήσεις κάθε αθλήματος, αφετέρου υπογραμμίζεται η σημασία αξιολόγησης παραμέτρων όπως η κανονικοποιημένη GRF, ώστε να αποφεύγονται παρερμηνείες. Επιπλέον, η ανάλυση των γωνιακών μεταβλητών μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο για την πρόληψη τραυματισμών, καθώς διαφοροποιήσεις στην τεχνική εκτέλεση ενδέχεται να σχετίζονται με αυξημένη μηχανική καταπόνηση.

Συνολικά, η μελέτη ενισχύει την κατανόηση της σχέσης μεταξύ αθλήματος, κάθετης αλτικότητας και βιομηχανικών παραμέτρων, συμβάλλοντας τόσο στη θεωρητική γνώση όσο και στη βελτιστοποίηση της προπονητικής πρακτικής.

VII. Συμπεράσματα

Η παρούσα μελέτη ανέδειξε σημαντικές διαφοροποιήσεις στην κάθετη αλτικότητα μεταξύ αθλητών στίβου, μπάσκετ και ποδοσφαίρου. Οι αθλητές στίβου παρουσίασαν υψηλότερες τιμές στο ύψος του CMJ και ανώτερη κινηματική απόδοση στις γωνιακές μεταβλητές του ισχίου και του γόνατος στο DJ, γεγονός που αντικατοπτρίζει τη μεγάλη σημασία της εκρηκτικής ισχύος και της νευρομυϊκής προσαρμογής στα αγωνίσματα του στίβου. Οι αθλητές μπάσκετ εμφάνισαν υψηλότερες απόλυτες τιμές Peak GRF, ενώ οι ποδοσφαιριστές, αν και έδειξαν ικανοποιητική απόδοση, δεν προσέγγισαν τα επίπεδα εξειδίκευσης των άλλων δύο ομάδων.

Συνολικά, η μελέτη επιβεβαιώνει ότι η κάθετη αλτικότητα δεν αποτελεί ενιαίο χαρακτηριστικό, αλλά διαφοροποιείται ανάλογα με τις κινητικές απαιτήσεις και τα προπονητικά πρότυπα κάθε αθλήματος. Η κατανόηση αυτών των διαφορών μπορεί να αξιοποιηθεί για τον σχεδιασμό πιο εξειδικευμένων προπονητικών προγραμμάτων, τη βελτίωση της αγωνιστικής απόδοσης και την πρόληψη τραυματισμών.

VIII. Πρακτικές Εφαρμογές

Τα ευρήματα της μελέτης έχουν άμεση εφαρμογή στον σχεδιασμό προπονητικών προγραμμάτων για διαφορετικά αθλήματα. Στον στίβο, η υψηλή απόδοση στην κάθετη αλτικότητα δείχνει ότι η έμφαση σε πλειομετρικές ασκήσεις, ασκήσεις δύναμης και νευρομυϊκή ενεργοποίηση αποτελεί βασικό εργαλείο για τη διατήρηση και περαιτέρω βελτίωση της εκρηκτικότητας. Στο μπάσκετ, όπου οι αθλητές παρουσίασαν αυξημένες τιμές Peak GRF, είναι σημαντικό τα προγράμματα να στοχεύουν στην ανάπτυξη της σχετικής ισχύος, δηλαδή της δύναμης σε σχέση με το σωματικό βάρος, ώστε να βελτιώνεται η απόδοση σε αγωνιστικές δεξιότητες όπως το κάρφωμα, τα ριμπάουντ και η άμυνα κοντά στο καλάθι. Στο ποδόσφαιρο, όπου οι επιδόσεις ήταν χαμηλότερες σε σχέση με τις άλλες ομάδες, προτείνεται η συστηματική ενσωμάτωση πλειομετρικών και ασκήσεων ενδυνάμωσης, με στόχο τη βελτίωση της εκρηκτικότητας που είναι απαραίτητη για κεφαλιές, εναέριες μονομαχίες και ταχύτατες αλλαγές κατεύθυνσης.

Επιπλέον, οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στις γωνίες των αρθρώσεων, ιδιαίτερα στο ισχίο και στο γόνατο, δείχνουν ότι η τεχνική εκτέλεση έχει εξίσου μεγάλη σημασία με τη μυϊκή ισχύ. Η εκπαίδευση της σωστής τεχνικής στα άλματα μπορεί να ενισχύσει την αγωνιστική απόδοση, αλλά και να συμβάλει στην πρόληψη τραυματισμών που προέρχονται από μηχανικές ασυμμετρίες ή υπερβολικά φορτία. Έτσι, η εφαρμογή των ευρημάτων αυτής της μελέτης μπορεί να οδηγήσει σε πιο στοχευμένα, ασφαλή και αποδοτικά προπονητικά προγράμματα για κάθε άθλημα.

IX. Βιβλιογραφία

- Bobbert, M. F., & van Ingen Schenau, G. J. (1988). Coordination in vertical jumping. *Journal of Biomechanics*, 21(3), 249–262.
- Cheung, R. T. H., & Ng, G. Y. F. (2012). Influence of different footwear on force of landing during running. *Physical Therapy in Sport*, 13(1), 41–45.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: Part 1 – Biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, 41(1), 17–38.
- Harman, E. A., & Frykman, P. N. (2002). The effects of footwear on vertical jump and ground reaction force. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(5), S92.
- Hewett, T. E., Myer, G. D., & Ford, K. R. (2005). Reducing knee and anterior cruciate ligament injuries among female athletes: A systematic review of neuromuscular training interventions. *Journal of Knee Surgery*, 18(1), 82–88.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Maffiuletti, N., & Marcora, S. (2007). A vertical jump force test for assessing bilateral strength asymmetry in athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(11), 2044–2050.
- Komi, P. V. (2000). Stretch-shortening cycle: A powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of Biomechanics*, 33(10), 1197–1206.
- Komi, P. V., & Gollhofer, A. (1997). Stretch reflexes can have an important role in force enhancement during SSC exercise. *Journal of Applied Biomechanics*, 13(4), 451–460.
- LaPorta, J. W., Brown, L. E., Coburn, J. W., Galpin, A. J., Tufano, J. J., & Cazas, V. L. (2017). Effects of different footwear on vertical jump performance in collegiate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(6), 1633–1639.
- Lees, A., & Nolan, L. (1998). The biomechanics of soccer: A review. *Journal of Sports Sciences*, 16(3), 211–234.
- Markovic, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British Journal of Sports Medicine*, 41(6), 349–355.
- Markovic, G., & Mikulic, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Medicine*, 40(10), 859–895.
- McInnes, S. E., Carlson, J. S., Jones, C. J., & McKenna, M. J. (1995). The physiological load imposed on basketball players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 13(5), 387–397.
- McMahon, J. J., Suchomel, T. J., Lake, J. P., & Comfort, P. (2018). Understanding the key phases of the countermovement jump force-time curve. *Strength and Conditioning Journal*, 40(4), 96–106.
- Mero, A., Komi, P. V., & Gregor, R. J. (1992). Biomechanics of sprint running: A review. *Sports Medicine*, 13(6), 376–392.
- Ramirez-Campillo, R., et al. (2018). Effects of plyometric jump training on physical fitness and athletic performance in youth soccer players: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 9, 1154.

- Sporis, G., Jukic, I., Ostojic, S. M., & Milanovic, D. (2010). Fitness profiling in soccer: Physical and physiologic characteristics of elite players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 957–965.
- Street, G., McMillan, S., Board, W., Rasmussen, M., & Heneghan, J. M. (2001). Sources of error in determining countermovement jump height with the force platform. *Journal of Applied Biomechanics*, 17(1), 43–54.
- Waddington, G., & Adams, R. (2003). Football boot insoles and sensitivity to extent of ankle inversion movement. *British Journal of Sports Medicine*, 37(2), 170–175.
- Weyand, P. G., Sternlight, D. B., Bellizzi, M. J., & Wright, S. (2000). Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. *Journal of Applied Physiology*, 89(5), 1991–1999.