



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ, ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ & ΕΡΓΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
“ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ & ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗ”**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Διακύμανση δεικτών εξωτερικής επιβάρυνσης ανά θέση, σε
αγώνες καλαθοσφαίρισης κατηγορίας παιδών**

Μακάκης Ελευθέριος [Α.Ε.Μ. 13140]

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία-υποβλήθηκε στο Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος στη «Φυσιολογία της Άσκησης & Προπονητική» στην Ειδίκευση “Προπονητικής”

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Επιβλέπων Καθηγητής: Αθανάσιος Χατζηνικολάου, Καθηγητής Τ.Ε.Φ.Α.Α – Δ.Π.Θ.
2^ο Μέλος: Αυλωνίτη Αλεξάνδρα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Τ.Ε.Φ.Α.Α. – Δ.Π.Θ.
3^ο Μέλος: Ζάρας Νικόλαος, Επίκουρος Καθηγητής, Τ.Ε.Φ.Α.Α.- Σ.Ε.Φ.Α.Α.-Δ.Π.Θ.

Κομοτηνή, 2026



DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE

SCHOOL OF PHYSICAL EDUCATION, SPORTS SCIENCE & OCCUPATIONAL THERAPY

DEPARTMENT OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORTS SCIENCE

POSTGRADUATE PROGRAM

"EXERCISE PHYSIOLOGY & SPORTS TRAINING SCIENCE"

MASTER DISSERTATION

Variation of external load metrics by playing position in youth basketball games

Makakis Eleftherios [R.N. 13140]

A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the Master's Degree in "Exercise Physiology and Sports Training Science" of the Department of Physical Education and Sport Science, Democritus University of Thrace, specialized in "Sports Training Science"

COMMITTEE OF EXAMINERS

Supervisor: Athanasios Chatzinikolaou, Professor D.P.E.S.S. – D.U.T.H.

Member 2: Alexandra Avloniti, Associate Professor D.P.E.S.S. – D.U.T.H.

Member 3: Zaras Nikolaos, Associate Professor D.P.E.S.S. - DUTH

Komotini, 2026

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μακάκης Ελευθέριος: Διακύμανση δεικτών εξωτερικής επιβάρυνσης ανά θέση, σε αγώνες καλαθοσφαίρισης κατηγορίας παιδών

(Με την επίβλεψη του Καθηγητή Χατζηνικολάου Αθανάσιου)

Η κατανόηση των απαιτήσεων επιβάρυνσης μέσω της χρήσης αδρανειακών αισθητήρων δίνουν την δυνατότητα να καταγραφεί και να ποσοτικοποιηθεί η εξωτερική επιβάρυνση των αθλητών κατά την διάρκεια ενός αγώνα καλαθοσφαίρισης. Ωστόσο, παρατηρείται έλλειμμα δεδομένων σε ότι αφορά στην κατηγορία των παιδών. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξεταστούν οι διαφορές στις απαιτήσεις επιβάρυνσης ανά θέση κατά την διάρκεια αγώνων καλαθοσφαίρισης. Στη μελέτη συμμετείχαν 58 αθλητές κατηγορίας παιδών (7 play maker, 27 guards, 16 forwards, 8 centers), ηλικίας $15,75 \pm 0,48$, ύψους $190 \pm 0,021$ cm, βάρους $78,18 \pm 8$. Οι δείκτες που αξιολογήθηκαν ήταν: αθροιστική επιβάρυνση επιταχύνσεων και επιταχύνσεων στους τρεις άξονες κίνησης ανά λεπτό (Accumulated/min), η μέση ταχύτητα (speed average), η μέγιστη ταχύτητα (speed max), η απόσταση ανά λεπτό (D/min), τα άλματα ανά λεπτό (JL/min), η αθροιστική επιβάρυνση επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων στους δύο άξονες κίνησης ανά λεπτό, η συνολική απόσταση που διανύεται σε συνάρτηση με το σωματικό βάρος, αλτική επιβάρυνση ανά λεπτό, αλλαγές προσανατολισμού και υψηλής έντασης με συγκεκριμένης διάρκειας ενέργειες. Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα. Στα αποτελέσματα της μελέτης διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές στους δείκτες άλματα ανά λεπτό (JL/min), στην αλτική επιβάρυνση ανά λεπτό (jumps load_min) και στη μέγιστη ταχύτητα (speed_max) όπου οι αθλητές που αγωνίζονται στη θέση του center παρουσίασαν υψηλότερες τιμές από τους forwards, τους guards και τους point guards ενώ οι guards παρουσίασαν υψηλότερες τιμές στη μέγιστη ταχύτητα σε σχέση με παίκτες των άλλων θέσεων. Τα δεδομένα δύνανται να ληφθούν υπόψη στον σχεδιασμό προγραμμάτων προπόνησης φυσικής κατάστασης καθώς αναδεικνύονται οι διαφορετικές απαιτήσεις ανά αγωνιστική θέση.

Λέξεις – Κλειδιά: Εξωτερική επιβάρυνση, θέσεις, κατηγορία παιδών, πανελλήνιο πρωτάθλημα

ABSTRACT

Makakis Eleftherios: Variation of external load metrics by playing position in youth basketball games

(Under the supervision of Professor Chatzinikolaou Athanasios)

Understanding match-load demands through the use of inertial sensors enables the recording and quantification of basketball players' external load during competition. However, there is a paucity of data for the U16 (cadet) category. The aim of the present study was to examine positional differences in external-load demands (centers, forwards, guards) during games of the Greek National U16 Basketball Championship. A total of 58 U16 male players participated (7 point guards/playmakers, 27 guards, 16 forwards, 8 centers), with a mean age of 15.75 ± 0.48 years, height 190 ± 0.021 cm, and body mass 78.18 ± 8.00 kg. The assessed indices were: accumulated acceleration and deceleration load across the three movement axes per minute, average speed, maximal speed, distance per minute, jumps per minute, accumulated acceleration and deceleration load across two movement axes per minute, total distance normalized to body mass, jump load per minute, changes of direction per minute, and high-intensity actions of a specified duration (exertions_min). Data were analyzed using one-way analysis of variance (ANOVA). The results revealed significant differences in jumps per minute, jump load per minute, and maximal speed. Specifically, centers exhibited higher values than forwards, guards, and point guards/playmakers, whereas guards demonstrated higher maximal speed compared with players in the other positions. These findings can inform the design of physical conditioning programs by highlighting the distinct match-load demands associated with each playing position.

Key words: external load, position, youth, Greek championship

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	iv
ABSTRACT	v
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	vi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	vii
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.2 Σκοπός της εργασίας	2
1.3 Σημασία της έρευνας	3
1.4 Ερευνητικές Υποθέσεις	3
1.5 Μηδενικές Υποθέσεις.....	2
1.6 Εναλλακτικές Υποθέσεις.....	3
1.7 Οριοθετήσεις-Περιορισμοί.....	3
1.8 Ερευνητικές Υποθέσεις	4
1.9 Λειτουργικοί ορισμοί	5
 2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	 16
2.1 Πειραματικός σχεδιασμός.....	16
2.2 Δείγμα	16
2.3 Περιγραφή μετρήσεων και όργανα μέτρησης	17
2.4 Στατιστική ανάλυση.....	19
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	20
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	31
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	33
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	34

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Σχηματική απεικόνιση της διαφοράς της μέγιστης ταχύτητας μεταξύ παιχτών διαφορετικών θέσεων	20
Σχήμα 2. Σχηματική απεικόνιση της διαφοράς των αλμάτων ανά λεπτό μεταξύ παιχτών διαφορετικών θέσεων	21
Σχήμα 3. Σχηματική απεικόνιση της διαφοράς της επιβάρυνσης μέσω αλμάτων ανά λεπτό μεταξύ παιχτών διαφορετικών θέσεων	22
Σχήμα 4. Σχηματική απεικόνιση της διαφοράς της μέσης ταχύτητας μεταξύ παιχτών διαφορετικών θέσεων	23
Σχήμα 5. Σχηματική απεικόνιση της διαφοράς της σωματικής επιβάρυνσης μεταξύ παιχτών διαφορετικών θέσεων	24
Σχήμα 6. Σχηματική απεικόνιση της διαφοράς της ανά λεπτό συσσωρευτικής επιβάρυνσης στους τρεις άξονες κίνησης μεταξύ παιχτών διαφορετικών θέσεων	25
Σχήμα 7. Σχηματική απεικόνιση της διαφοράς της αλλαγής προσανατολισμού μεγαλύτερης από 120 μοίρες μεταξύ παιχτών διαφορετικών θέσεων	26
Σχήμα 8. Σχηματική απεικόνιση της διαφοράς της μηχανικής επιβάρυνσης μεταξύ παιχτών διαφορετικών θέσεων	27
Σχήμα 9. Σχηματική απεικόνιση της διαφοράς στις επιταχύνσεις άνω 4 m/sec^2 μεταξύ παιχτών διαφορετικών θέσεων	28
Σχήμα 10. Σχηματική απεικόνιση της διαφοράς της διανυόμενης ανά λεπτό απόστασης μεταξύ παιχτών διαφορετικών θέσεων	29
Σχήμα 11. Σχηματική απεικόνιση της διαφοράς της διανυόμενης ανά λεπτό απόστασης σε προσπάθειες υψηλής έντασης μεταξύ παιχτών διαφορετικών θέσεων	30

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η καλαθοσφαίριση είναι ένα άθλημα κατά την διάρκεια του οποίου ενεργοποιούνται τόσο το αερόβιο όσο και το αναερόβιο σύστημα παραγωγής ενέργειας (Stojanović et al., 2018). Κατά την διάρκεια ενός αγώνα πραγματοποιούνται επαναλαμβανόμενες κινήσεις υψηλής έντασης μέσα στις οποίες περιλαμβάνονται οι απότομες αλλαγές κατεύθυνσης, τα κοψίματα και οι αλλαγές στην ταχύτητα που παρατηρούνται σε κινήσεις όπως οι post-up καταστάσεις, τα screen, τα box-outs και τα pull-up shots (Koyama et al., 2024). Πρόσφατα τεχνολογικά μέσα όπως οι αδρανειακοί αισθητήρες με ενσωματωμένα επιταχυνσιόμετρα, γυροσκόπια και μαγνητόμετρα, δίνουν τη δυνατότητα στους προπονητές να κατανοήσουν καλύτερα τις απαιτήσεις που υποβάλλονται οι παίκτες κατά την διάρκεια των προπονήσεων και των αγώνων (Alonso Pérez-Chao et al., 2022). Τα συστήματα αυτά συμβάλλουν στην ποσοτικοποίηση της εξωτερικής επιβάρυνσης των παικτών με τα δεδομένα αυτά να είναι διαθέσιμα σε πραγματικό χρόνο (Alonso et al., 2020). Αυτή η προσέγγιση έχει εξελιχθεί, καθώς οι απλές μετρήσεις ταχύτητας και απόστασης ενδέχεται να υποτιμούν την πραγματική εξωτερική επιβάρυνση, η οποία υπολογίζεται κυρίως από ενέργειες υψηλής έντασης όπως είναι οι επιταχύνσεις, οι επιβραδύνσεις και οι αλλαγές κατεύθυνσης που πραγματοποιεί κάθε παίκτης ξεχωριστά (Castillo et al., 2021). Τα τρι-αξονικά επιταχυνσιόμετρα (100Hz) αξιολογούν την επιβάρυνση που δέχεται ο κάθε αθλητής ξεχωριστά (Player Load - PL) το οποίο είναι ένα διανυσματικό μέγεθος, και υπολογίζουν την επιβάρυνση των αθλητών με βάση τις κινήσεις που γίνονται σε κάθε άξονα κίνησης (x, y και z). Επιπλέον, παρέχονται πληροφορίες σχετικά με τον προσανατολισμό και την κατεύθυνση της κίνησης και τον υπολογισμό της συχνότητας των κινήσεων, οι οποίες εκτιμώνται με τη χρήση ειδικών αλγορίθμων (Balloch et al., 2020). Ο υπολογισμός της ταχύτητας κίνησης εκτιμάται από την μεταβολή της θέσης του αισθητήρα σε σχέση με το σημείο εκκίνησης της κάθε ενέργειας (επιτάχυνση, επιβράδυνση) (Varley et al., 2017).

Τα κινητικά πρότυπα κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού περιέχουν τρέξιμο προς όλες τις κατευθύνσεις, πλάγια βήματα και άλματα, τα οποία πραγματοποιούνται σχεδόν ανά ένα λεπτό, συχνότητα η οποία δεν εντοπίζεται σε άλλα ομαδικά αθλήματα (Ben Abdelkrim et al., 2007; Scanlan et al., 2011). Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Αυστραλιανό πρωτάθλημα με την χρήση συστημάτων time motion analysis (TMA), καταγράφηκαν κατά

μέσο όρο 997 ± 183 αλλαγές στο πρότυπο κίνησης κατά την διάρκεια του αγώνα (McInnes et al., 1995). Από αυτές τις αλλαγές το 34,6% αφορούσε αλλαγές κατεύθυνσης και τρέξιμο σε διάφορες εντάσεις, από χαμηλής έντασης μέχρι σπριντ. Το 31,2% των κινήσεων αποτελούνταν από πίσω τρέξιμο, πλάγια βήματα και αμυντικές μετακινήσεις, το 4,6% ήταν άλματα, ενώ το περπάτημα και η στάση που παρατηρούνται για παράδειγμα κατά την εκτέλεση ελεύθερων βολών, αποτελούσαν το 29,6%. Στην ίδια μελέτη αναφέρεται πως μόνο το 15% από τον συνολικό χρόνο του αγώνα αποτελούνταν από δραστηριότητες υψηλής έντασης, ενώ το 65% ήταν ενέργειες υψηλότερης επιβάρυνσης από το τρέξιμο χαμηλής έντασης (jogging). Τα δεδομένα αυτά επιβεβαιώνονται και από πρόσφατη έρευνα όπου χρησιμοποιήθηκαν συστήματα εντοπισμού θέσης (LPS – local positioning systems), μέσω των οποίων μελετήθηκαν οι διαφορές στους δείκτες εξωτερικής επιβάρυνσης μεταξύ των αγωνιστικών θέσεων. Τα αποτελέσματα συμφωνούν στη συχνότητα αλλαγής των κινητικών προτύπων κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού (Scanlan et al., 2011; Svilar et al., 2018). Δεδομένου του αυξημένου αριθμού παιχνιδιών στην αγωνιστική περίοδο, κρίνεται σημαντική η κατανόηση των νέων απαιτήσεων που οι αθλητές καλούνται να διαχειριστούν κατά την διάρκεια των αγώνων καλαθοσφαίρισης με σκοπό, την ποσοτικοποίηση για την κατανόηση των δραστηριοτήτων και των σωματικών απαιτήσεων στις οποίες υπόκεινται οι παίκτες.

Ένας αθλητής καλαθοσφαίρισης θα πραγματοποιήσει 184-400 ενέργειες υψηλής έντασης κατά τη διάρκεια ενός αγώνα ή μιας προπόνησης υψηλής έντασης (Ben Abdelkrim et al., 2007). Οι ενέργειες αυτές χαρακτηρίζονται από τον κύκλο διάτασης-βράχυνσης όπου περιλαμβάνεται η έκκεντρη δράση του μυός. Η επιμήκυνση του μυός όταν αυτός βρίσκεται σε τάση από μια εξωτερική αντίσταση ονομάζεται έκκεντρη δράση. Σε ότι έχει να κάνει με τον αθλητισμό, η έκκεντρη δράση χαρακτηρίζει κινήσεις όπως είναι τα κατακόρυφα άλματα, η επιβράδυνση και η αλλαγή κατεύθυνσης (Harper et al., 2021; Martínez-Hernández, 2024). Η μηχανική επιβάρυνση που δέχεται το μυϊκό σύστημα μπορεί να χαθεί με τη μορφή θερμότητας, διαφορετικά, η ενέργεια αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον κύκλο διάτασης-βράχυνσης. Ο γρήγορος συνδυασμός της έκκεντρης με τη σύγκεντρη σύσπαση ονομάζεται κύκλος διάτασης βράχυνσης και είναι απαραίτητος στις ενέργειες υψηλής έντασης (Chatzinikolaou et al., 2010). Οι έκκεντρες αυτές δράσεις, χαρακτηρίζουν τις ενέργειες υψηλής έντασης που πραγματοποιούν οι αθλητές σε έναν αγώνα καλαθοσφαίρισης και είναι υπεύθυνες για τη δημιουργία του ασκησιογενή μυϊκού

τραυματισμού και των άμεσων αποκρίσεων του οργανισμού σε βιοχημικούς δείκτες και στη μείωση της αθλητικής απόδοσης (Chatzinikolaou et al., 2010, 2014). Για τον λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητο η κατηγοριοποίηση των κάθε ενεργειών αυτών ξεχωριστά με βάση την ένταση καθώς επίσης και η παρακολούθηση της συχνότητας εμφάνισης τους (García et al., 2023; Impellizzeri et al., 2019; Koyama et al., 2024; Petway et al., 2020; Vázquez-Guerrero et al., 2018). Για παράδειγμα, οι επιταχύνσεις και οι επιβραδύνσεις έχουν κοινό κατώφλι σε ότι αφορά την κατηγοριοποίηση της έντασης των προσπαθειών ενώ έχουν διαφορετική μηχανική επιβάρυνση, με την επιβράδυνση να έχει μεγαλύτερες απαιτήσεις στο μυοσκελετικό σύστημα σε σύγκριση με την επιτάχυνση (Dalen et al., 2016; Harper & Kiely, 2018; Ibáñez et al., 2024; McBurnie et al., 2022; Varley et al., 2017).

Στην βιβλιογραφία οι πιο συνηθισμένες μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή της εξωτερικής επιβάρυνσης στην καλαθοσφαίριση είναι οι επιταχύνσεις και οι επιβραδύνσεις (Ibáñez et al., 2024; Svilar et al., 2018). Η κατηγοριοποίηση αυτών των ενεργειών με βάση την ένταση έχει ιδιαίτερη σημασία, καθώς συμβάλλει στην αξιολόγηση της προσπάθειας των παικτών να αποκτήσουν πλεονέκτημα έναντι των αντιπάλων τους. Ενδεικτικά παραδείγματα αποτελούν μια γρήγορη αλλαγή κατεύθυνσης κατά την επίθεση ή μια άμεση τοποθέτηση στην άμυνα με στόχο να προλάβει τον αντίπαλο που μαρκάρει (Vázquez-Guerrero, Jones, et al., 2019). Η μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να παρατηρηθεί σε έναν αγώνα καλαθοσφαίρισης είναι περίπου τα 24 km/h αν και η αξιολόγησή της ποικίλει ανάλογα με το σύστημα αξιολόγησης, τη θέση των παικτών και άλλες παραμέτρους, όπου ενδεχομένως να μην επιτρέπουν στους παίκτες να επιτύχουν τις υψηλές αυτές ταχύτητες (Castillo et al., 2021; Sosa et al., 2021a; Sweeting et al., 2017). Σύμφωνα με μελέτες που βασίστηκαν στη χρήση συστημάτων τοπικού εντοπισμού θέσης (LPS), οι επαγγελματίες καλαθοσφαιριστές εκτελούν κατά μέσο όρο 34 ενέργειες σύντομης διάρκειας και υψηλής έντασης ανά λεπτό. Από αυτές, 16,9 είναι επιταχύνσεις, 16,4 επιβραδύνσεις και 1,11 είναι άλματα (Svilar et al., 2019; Vázquez-Guerrero et al., 2020). Από τις παραπάνω μετρήσεις προκύπτει ένας συγκεντρωτικός δείκτης εξωτερικής επιβάρυνσης, ο οποίος συνοψίζει τις επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις που πραγματοποιούνται και στους τρεις άξονες κίνησης. Ο δείκτης αυτός διευκολύνει την ποσοτική αποτύπωση της συνολικής επιβάρυνσης του κάθε παίκτη και, κατά συνέπεια, επιτρέπει μια πιο πρακτική και άμεση παρουσίαση των αποτελεσμάτων στο τεχνικό επιτελείο (Svilar, 2022; Svilar et al., 2019).

Η παρακολούθηση της επιβάρυνσης αποκτά ακόμα μεγαλύτερη σημασία σε περιόδους με αυξημένες αγωνιστικές υποχρεώσεις με τα στοιχεία επιβάρυνσης του μικρόκυκλου να εξαρτώνται από την χρονική αλληλουχία και των αριθμό των αγώνων μέσα σε έναν μικρόκυκλο (Anderson et al., 2022; Di Mattia & Krumer, 2023). Οι συνθήκες με 2 ή περισσότερους αγώνες μέσα σε έναν μικρόκυκλο έχει ως αποτέλεσμα την μεγαλύτερη καταπόνηση των παικτών με μεγάλο χρόνο συμμετοχής, το οποίο προκαλεί δυσκολίες στην αποκατάσταση των αθλητών ανάμεσα στους αγώνες και στη διατήρηση μιας υψηλής απόδοσης (Anderson et al., 2022; Kasper et al., 2024). Στην μελέτη του Garcia και των συνεργατών του (2023) σε διεθνές τουρνουά ανδρών K18 (U-18) όπου πραγματοποιήθηκαν έξι παιχνίδια σε διάστημα έξι ημερών βρέθηκε μια σταδιακή μείωση στην απόδοση των παικτών όσο περνούσε το τουρνουά. Σε ότι έχει να κάνει με τις διαφοροποιήσεις που υπήρχαν μεταξύ των περιόδων στην ηλικιακή αυτή κατηγορία, έχει παρατηρηθεί μια σταδιακή μείωση των ενεργειών που πραγματοποιούνται από τους παίκτες, με την μείωση αυτή να παρατηρείται πιο έντονα στις ενέργειες υψηλής έντασης (García et al., 2023). Πιο συγκεκριμένα από την πρώτη στην τελευταία περίοδο παρατηρήθηκε μείωση σε δείκτες εξωτερικής επιβάρυνσης όπως είναι η συνολική απόσταση που διανύθηκε, οι επιταχύνσεις υψηλής έντασης, οι επιβραδύνσεις υψηλής έντασης και η αθροιστική επιβάρυνση επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων στους τρεις άξονες κίνησης που πραγματοποιούσαν οι παίκτες ανεξάρτητα από την θέση που αγωνιζόταν. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας είναι σε συμφωνία με δεδομένα από αντίστοιχες μελέτες, οι οποίες κατέγραψαν αντίστοιχες μειώσεις στην εξωτερική επιβάρυνση κατά τη διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου. (Ibáñez et al., 2024; Miró et al., 2024; Vázquez-Guerrero et al., 2018; Vázquez-Guerrero, Fernández-Valdés, Gonçalves, et al., 2019; Vázquez-Guerrero, Fernández-Valdés, Jones, et al., 2019).

Τα τελευταία χρόνια, η ερευνητική βιβλιογραφία έχει εστιάσει στην εξατομίκευση της επιβάρυνσης και στις διαφοροποιήσεις που εμφανίζονται ανάλογα με την ηλικιακή κατηγορία και το αγωνιστικό επίπεδο των αθλητών (Harkness-Armstrong et al., 2022; Ibáñez et al., 2024; Sosa et al., 2021b). Η σύγκριση των παικτών με βάση την ηλικία έχει αναδείξει σημαντικές διαφορές στην εξωτερική επιβάρυνση. Συγκεκριμένα, σε μελέτες που χρησιμοποιήθηκαν συστήματα motion analysis, η συνολική απόσταση που διανύθηκε κυμάνθηκε μεταξύ 1.991 και 6.310 μέτρων. Αντίθετα, σε νεαρούς αθλητές κατηγορίας U18, έχει καταγραφεί μέση απόσταση 7.558 μέτρων (Ben Abdelkrim et al., 2010;

Stojanović et al., 2018). Η εν λόγω διαφορά ενδέχεται να αποδίδεται, μεταξύ άλλων, σε διαφορές στο τεχνικοτακτικό επίπεδο, καθώς οι επαγγελματίες αθλητές φαίνεται να παρουσιάζουν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και οικονομία στις κινήσεις τους συγκριτικά με αθλητές μικρότερων ηλικιών (Petway et al., 2020). Παρόμοια ευρήματα έχουν καταγραφεί με συστήματα LPS και στη σύγκριση μεταξύ διαφορετικών ηλικιακών κατηγοριών, όπως U12, U16 και U18, όπου οι αθλητές της κατηγορίας U12 διένυσαν μεγαλύτερες αποστάσεις σε σχέση με τους μεγαλύτερους σε ηλικία (García et al., 2021). Τα παραπάνω ευρήματα συμφωνούν με δεδομένα από το ποδόσφαιρο, όπου παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στην απόδοση στα σπριντ μεταξύ των ηλικιών 14 και 15 ετών, γεγονός που ενδεχομένως σχετίζεται με τον βαθμό βιολογικής ωρίμανσης των παιδιών (Malina et al., 2004).

Η έναρξη της εφηβικής ηλικίας είναι ένα σημαντικό φαινόμενο κατά την διάρκεια του οποίου, παρατηρούνται έντονες αλλαγές στο σώμα των παιδιών (Malina et al., 2004). Για την περιγραφή της σωματικής ωρίμανσης χρησιμοποιείται συχνά ο όρος «μέγιστος ρυθμός αύξησης του ύψους» (Peak Height Velocity - PHV) όπου υποδηλώνει την περίοδο κατά την οποία μεγιστοποιείται ο ρυθμός αύξησης του αναστήματος κατά την εφηβική περίοδο (Faigenbaum et al., 2020). Το PHV παρατηρείται στα αγόρια, περίπου στην ηλικία των 13,5 (Faigenbaum et al., 2020; Malina et al., 2004). Παρόλα αυτά η χρονολογική ηλικία όπου θα επιτευχθεί το PHV διαφέρει από άτομο σε άτομο (Faigenbaum et al., 2020; Shahidi et al., 2024). Κατά τη διάρκεια του PHV παρατηρείται κινητική αδεξιότητα ή αλλιώς εφηβική αδεξιότητα, η οποία ορίζεται ως μια προσωρινή διαταραχή του κινητικού ελέγχου που προκαλείται από την ταχεία αύξηση των άκρων (Faigenbaum et al., 2020). Ο Garcia και οι συνεργάτες του (2021) με βάση τα παραπάνω καταλήγει, ότι οι παίκτες που βρίσκονται στα στάδια του PHV είναι αυτοί που δυσκολεύονται να τρέξουν με ταχύτητες μεγαλύτερες από τα 18 km/h. Με βάση αυτό το εύρημα, η ένταση της προπονητικής επιβάρυνσης που καταγράφεται μέσω δεικτών εξωτερικής επιβάρυνσης – όπως το τρέξιμο υψηλής έντασης (>18 km/h) – αναδεικνύει σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ διαφορετικών ηλικιών. Αντίθετα, δεν παρατηρήθηκαν αξιόλογες διαφορές μεταξύ των ηλικιών σε δείκτες όπως η επιτάχυνση και η επιβράδυνση (García et al., 2021; Petway et al., 2020). Τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι οι εν λόγω δείκτες δεν ενδείκνυνται για την παρακολούθηση της επιβάρυνσης σε νεαρούς αθλητές.

Με βάση τα παραπάνω είναι πιθανόν να απαιτείται μια διαφορετική προσέγγιση στην επιλογή των δεικτών εξωτερικής επιβάρυνσης και στην κατηγοριοποίηση της έντασης αυτών ώστε να γίνει πιο κατανοητή η εξωτερική επιβάρυνση για τις μικρότερες ηλικίες (Chen et al., 2022; Cipriano et al., 2024; García et al., 2021; Sosa et al., 2021b). Πέραν της συνολικής απόστασης ως μεταβλητή εξωτερικής επιβάρυνσης, οι περισσότερες έρευνες σε μικρότερα ηλικιακά γκρουπ χρησιμοποιούν κυρίως δείκτες εσωτερικής επιβάρυνσης και έτσι δεν μπορούν να υπάρξουν ασφαλή συμπεράσματα (García et al., 2021, 2023; Klusemann et al., 2013; López-Laval et al., 2016; Petway et al., 2020; Vázquez-Guerrero, Jones, et al., 2019). Περισσότερες μελέτες απαιτούνται για την καλύτερη κατανόηση των απαιτήσεων του αγώνα, της προπόνησης καθώς επίσης και για τις διαφοροποιήσεις που θα υπάρχουν στις απαιτήσεις σε μικρότερες ηλικίες λαμβάνοντας υπόψιν και το στάδιο ανάπτυξης όπου βρίσκονται τα παιδιά. (Fox, Green, et al., 2021; García et al., 2021a; Shahidi et al., 2024).

1.1. Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η καταγραφή της εξωτερικής επιβάρυνσης των παικτών κατά την διάρκεια αγώνων καλαθοσφαίρισης της κατηγορίας παιδών και η σύγκριση των απαιτήσεων της εξωτερικής επιβάρυνσης μεταξύ των αγωνιστικών θέσεων.

1.2. Σημασία της έρευνας

Η παρακολούθηση των χαρακτηριστικών της επιβάρυνσης κατά την διάρκεια των αγώνων στα ομαδικά αθλήματα θεωρείται σημαντική στην προσπάθεια που γίνεται από την αθλητική επιστήμη για τη διαχείριση των στοιχείων επιβάρυνσης της προπόνησης και των απαιτήσεων που υπάρχουν κατά την διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου (Askow et al., 2023; Cipriano et al., 2024; Novak et al., 2021; Vázquez-Guerrero et al., 2018).

Η διαλειμματική φύση της καλαθοσφαίρισης χαρακτηρίζεται από κομμάτια όπως είναι η τακτική, η τεχνική και η δύναμη (García et al., 2021, 2023). Κινήσεις όπως είναι οι επιταχύνσεις, επιβραδύνσεις, τα άλματα και αλλαγές κατεύθυνσης που συναντώνται σε κινήσεις του αθλήματος όπως τα σουτ, τα rebound, στην ντρίπλ και στην προσωπική άμυνα, είναι σημαντικές για την απόδοση των παικτών κατά την διάρκεια του αγώνα (García et al., 2021, 2022). Για τον λόγο κρίνεται απαραίτητο η παρακολούθηση των δεικτών αυτών της εξωτερικής επιβάρυνσης με στόχο την κατανόηση των απαιτήσεων και

των διαφοροποιήσεων που υπάρχουν μεταξύ των παικτών ανάλογα και με την θέση που αγωνίζονται.

1.3. Ερευνητικές υποθέσεις

Η ερευνητική υπόθεση της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας (ΜΔΕ) είναι πως θα υπάρξει διαφοροποίηση ανάλογα με την αγωνιστική θέση των παικτών στις παραμέτρους επιβάρυνσης.

- Μέγιστη ταχύτητα (Speed_max)
- Μέση ταχύτητα (Speed_average)
- Αλτική επιβάρυνση ανά λεπτό (Jump load_min)
- Άλματα ανά λεπτό (Jumps_min)
- Απόσταση ανά λεπτό (Distance_min)
- Απόσταση ανά λεπτό υψηλής έντασης (Distance_min_A)
- Αθροιστική επιβάρυνση επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων στους τρεις άξονες κίνησης ανά λεπτό (Accumulated/min)
- Αθροιστική επιβάρυνση επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων στους δύο άξονες κίνησης ανά λεπτό (Mechanical_intensity)
- Αλλαγή προσανατολισμού (Changes_min)
- Υψηλής έντασης με συγκεκριμένης διάρκειας ενέργειες (Exertions_min)
- Η συνολική απόσταση που διανύεται σε συνάρτηση με το σωματικό βάρος (Physio_intensity)

1.4. Μηδενικές υποθέσεις

H0₁: Δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των παικτών που αγωνίζονται σε διαφορετικές θέσεις σε δείκτες της εξωτερικής επιβάρυνσης

1.5. Εναλλακτικές Υποθέσεις

H1: Υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των παικτών που αγωνίζονται σε διαφορετικές θέσεις σε δείκτες της εξωτερικής επιβάρυνσης

1.6. Περιορισμοί της έρευνας

Μη συνυπολογισμός βιολογικής ηλικίας. Η παρακολούθηση της εξωτερικής επιβάρυνσης πραγματοποιήθηκε αποκλειστικά με βάση τη χρονολογική ηλικία, γεγονός που ενδέχεται να επηρεάζει τη συγκρισιμότητα μεταξύ παικτών διαφορετικού σταδίου ωρίμανσης. Η μη υπολογισμός της βιολογικής ωρίμανσης δεν μπορούσε να αποφευχθεί καθώς από τους κανόνες της διοργανώτριας αρχής προβλεπόταν η συμμετοχή των αθλητών με βάση τη χρονολογική ηλικία.

1.7. Λειτουργικοί ορισμοί

- Επιτάχυνση είναι ο ρυθμός με το οποίο αυξάνεται η ταχύτητα στην μονάδα του χρόνου (Haff & Triplett, 2016).
- Επιβράδυνση είναι ο ρυθμός με το οποίο μειώνεται η ταχύτητα στην μονάδα του χρόνου (Haff & Triplett, 2016).
- Αλλαγή κατεύθυνσης είναι η ικανότητα επιτάχυνσης- επιβράδυνσης και αλλαγή στο πρότυπο κίνησης (Dos'Santos et al., 2019).
- Εξωτερική επιβάρυνση περιλαμβάνει ενέργειες που πραγματοποιούν οι παίκτες στην προπόνηση και στον αγώνα, όπως για παράδειγμα είναι οι επιταχύνσεις- επιβραδύνσεις, η απόσταση που έχουν διανύσει και τα άλματα (Koyama et al., 2024; McGuigan, 2017).
- Μέγιστος ρυθμός αύξησης του ύψους είναι η περίοδος κατά την οποία μεγιστοποιείται ο ρυθμός αύξησης του αναστήματος κατά την εφηβική περίοδο (Faigenbaum et al., 2020).
- Μικρόκύκλος: Προπονητικός κύκλος που συνήθως διαρκεί μέχρι μια εβδομάδα (Haff & Triplett, 2016).

1.8 Ορισμοί και Συντομογραφίες

- ACC- acceleration: επιτάχυνση
- DEC- deceleration: επιβράδυνση
- ACC High - acceleration high: επιτάχυνση υψηλής έντασης
- DEC High – deceleration high: επιβράδυνση υψηλής έντασης
- Jumps: άλματα

- External load: εξωτερική επιβάρυνση
- Training load: προπονητική επιβάρυνση
- COD- Change of direction: αλλαγή κατεύθυνσης
- PHV- Peak Height Velocity: μέγιστος ρυθμός αύξησης του ύψους
- Speed_max: Μέγιστη ταχύτητα
- Speed_average: Μέση ταχύτητα
- Jump load_min: Αλτική επιβάρυνση ανά λεπτό
- Jumps_min: Άλματα ανά λεπτό
- Distance_min: Απόσταση ανά λεπτό
- Distance_min_A: Απόσταση ανά λεπτό υψηλής έντασης
- Accumulated/min: Αθροιστική επιβάρυνση επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων στους τρεις άξονες κίνησης ανά λεπτό
- Mechanical_intensity: Αθροιστική επιβάρυνση επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων στους δύο άξονες κίνησης ανά λεπτό
- Changes_min: Αλλαγές προσανατολισμού
- Exertions_min: Υψηλής έντασης με συγκεκριμένης διάρκειας ενέργειες
- Physio_intensity: Η συνολική απόσταση που διανύεται σε συνάρτηση με το σωματικό βάρος

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στο κεφάλαιο αυτό της ΜΔΕ παρουσιάζονται οι μέθοδοι και οι διαδικασίες που χρησιμοποιήθηκαν, για να δοθούν απαντήσεις στις υποθέσεις. Ακολουθεί η παρουσίαση του ερευνητικού σχεδιασμού και η μεθοδολογία της παρούσας έρευνας. Αναλυτικότερα, αναφέρονται λεπτομερώς τα χαρακτηριστικά του δείγματος, η διαδικασία των μετρήσεων που υποβλήθηκαν οι δοκιμαζόμενοι καθώς και τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή των δεδομένων της έρευνας αυτής. Τέλος, παρουσιάζεται η επεξεργασία και η στατιστική ανάλυση των δεδομένων που εφαρμόστηκε.

2.1. Πειραματικός σχεδιασμός

Η μελέτη υλοποιήθηκε σε πλαίσιο τουρνουά με μορφή διαδοχικών αγωνιστικών υποχρεώσεων. Συγκεκριμένα, κάθε ομάδα αγωνίστηκε σε πέντε (5) συνεχόμενους αγώνες, με συχνότητα έναν (1) αγώνα ανά ημέρα, σε συνολική διάρκεια πέντε (5) ημερών. Η καταγραφή της εξωτερικής επιβάρυνσης πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια των αγώνων, με στόχο την ποσοτικοποίηση των απαιτήσεων επιβάρυνσης ανά αγωνιστική ημέρα/αγώνα και η σύγκριση των δεικτών που προέκυψαν στο πλαίσιο της συγκεκριμένης δομής αγωνιστικής συμφόρησης. Οι δείκτες εξωτερικής επιβάρυνσης που αξιολογήθηκαν ήταν οι εξής: μέγιστη ταχύτητα (Speed_max), μέση ταχύτητα (Speed_average), αλτική επιβάρυνση ανά λεπτό (Jump_load_min), άλματα ανά λεπτό (Jumps_min), απόσταση ανά λεπτό (Distance_min), απόσταση υψηλής έντασης ανά λεπτό (Distance_min_A), αθροιστική επιβάρυνση επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων στους τρεις άξονες κίνησης ανά λεπτό (Accumulated/min), αθροιστική επιβάρυνση επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων στους δύο άξονες κίνησης ανά λεπτό (Mechanical_intensity), αλλαγές προσανατολισμού ανά λεπτό (Changes_min), ενέργειες υψηλής έντασης συγκεκριμένης διάρκειας ανά λεπτό (Exertions_min) και συνολική απόσταση κανονικοποιημένη ως προς το σωματικό βάρος (Physio_intensity).

2.2. Δείγμα

Η μελέτη έγινε στο πανελλήνιο πρωτάθλημα κατηγορίας παιδών με τη συμμετοχή 8 ομάδων και συμμετείχαν εθελοντικά 71 υγιείς παίκτες ηλικίας $15,64 \pm 0,52$, ύψους $1,90 \pm 0,015$ cm και βάρους $76,39 \pm 8,9$ kg. Όλοι οι αγώνες πραγματοποιήθηκαν στο ίδιο

γήπεδο με παρόμοιες συνθήκες. Οι συμμετέχοντες, οι γονείς τους και οι ομάδες των αθλητών αφότου ενημερώθηκαν για το σκοπό της μελέτης, τον πειραματικό σχεδιασμό, τους κινδύνους κατά τα οφέλη από τη συμμετοχή τους, δήλωσαν ενυπόγραφα τη συναίνεση τους για την συμμετοχή στην πειραματική διαδικασία.

2.3. Περιγραφή μετρήσεων και όργανα μέτρησης

Για την καταγραφή της εξωτερικής επιβάρυνσης των αθλητών χρησιμοποιήθηκαν φορητές μονάδες αδρανειακών αισθητήρων (Inertial Measurement Units – IMU). Κάθε μονάδα IMU περιλάμβανε τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο, τριαξονικό γυροσκόπιο και τριαξονικό μαγνητόμετρο, παρέχοντας συνολικά εννέα βαθμούς ελευθερίας (9-DOF). Συγκεκριμένα, τα τριαξονικά επιταχυνσιόμετρα διέθεταν εύρος μέτρησης $\pm 16 \text{ g}$, με εσωτερική συχνότητα δειγματοληψίας 1 kHz , ενώ τα δεδομένα που αποθηκεύονταν και χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση παρέχονταν στα 100 Hz . Τα επιταχυνσιόμετρα χρησιμοποιήθηκαν για την καταγραφή επιταχύνσεων στους τρεις άξονες του χώρου, επιτρέποντας την ανάλυση κινήσεων όπως επιταχύνσεις, επιβραδύνσεις, αλλαγές κατεύθυνσης και άλματα. Το τριαξονικό γυροσκόπιο είχε εύρος μέτρησης $\pm 4000^\circ/\text{s}$ και συχνότητα δειγματοληψίας 200 Hz , καταγράφοντας τη γωνιακή ταχύτητα και τις περιστροφικές κινήσεις του σώματος, οι οποίες είναι κρίσιμες για την ακριβή αποτύπωση σύνθετων κινητικών ενεργειών υψηλής έντασης. Επιπλέον, το τριαξονικό μαγνητόμετρο διέθετε εύρος μέτρησης $\pm 16 \text{ }\mu\text{T}$ και συχνότητα δειγματοληψίας 100 Hz , συμβάλλοντας στον προσδιορισμό του προσανατολισμού της μονάδας στον χώρο και στη διόρθωση αποκλίσεων των υπόλοιπων αισθητήρων. Πριν τους αγώνες, τοποθετήθηκαν στα σορτσάκια των παικτών στο πίσω μέρος στον μέγα γλουτιαίο, αδρανειακοί αισθητήρες Kinexon. Οι θήκες των αισθητήρων κατασκευάστηκαν σε συνεργασία με τους κατασκευαστές αισθητήρων, ώστε να διασφαλιστεί ότι δεν θα δημιουργηθούν περιττή κίνηση μέσα στη θήκη από τους αισθητήρες κατά τη διάρκεια των αγώνων (Stone et al., 2022). Όσο πιο κοντά βρίσκεται το επιταχυνσιόμετρο στο κέντρο βάρους, τόσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια στην καταγραφή της εξωτερικής επιβάρυνσης (Koyama et al., 2024). Η τοποθέτηση αυτή δεν επηρέασε τον αισθητήρα από κινήσεις που προκύπτουν από τα χέρια και τον κορμό (Koyama et al., 2024). Σε προηγούμενη μελέτη όπου εξέτασε την εγκυρότητα του συστήματος αυτού, βρέθηκε ότι ο μέσος όρος των συνολικών τυπικών σφαλμάτων ήταν $2,5\%$ ($\pm 1,5\%$) κατά την διάρκεια διαφόρων κινήσεων που

πραγματοποιήθηκαν όπως το περπάτημα, το τρέξιμο, το σπριντ για διαφορετικές αποστάσεις, οι αλλαγές κατεύθυνσης και τα άλματα (Alt et al., 2020).

2.4. Στατιστική ανάλυση

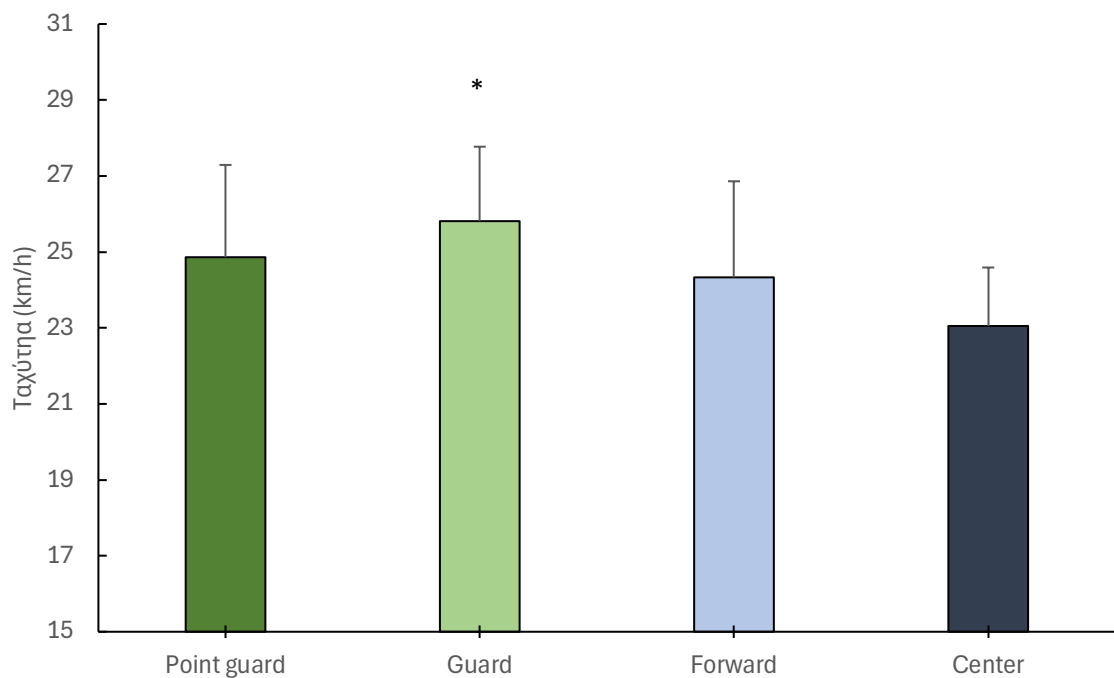
Για την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων εφαρμόστηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα μεταξύ τεσσάρων ομάδων. Η ανάλυση πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni χρησιμοποιήθηκε για την εύρεση ατομικών διαφορών. Ως επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε το 0,05.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στην ενότητα αυτής της ΜΔΕ παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται ως εξής: αθροιστική επιβάρυνση επιταχύνσεων και επιταχύνσεων στους τρεις άξονες κίνησης ανά λεπτό (Accumulated/min), η μέση ταχύτητα (speed average), η μέγιστη ταχύτητα (speed max), η απόσταση ανά λεπτό (D/min), τα άλματα ανά λεπτό (JL/min), η αθροιστική επιβάρυνση επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων στους δύο άξονες κίνησης ανά λεπτό (mechanical_intensity), η συνολική απόσταση που διανύεται σε συνάρτηση με το σωματικό βάρος (physio_intensity), αλτική επιβάρυνση ανά λεπτό (jumps load_min), αλλαγές προσανατολισμού (changes_min) και υψηλής έντασης με συγκεκριμένης διάρκειας ενέργειες (exertions_min). Στα αποτελέσματα παρουσιάζονται τα δεδομένα από στατιστικές αναλύσεις ανά θέσεις (Point guard, Guard, Forward, Center).

3.1 Διαφορά μέγιστης ταχύτητας μεταξύ παιχτών διαφορετικών θέσεων

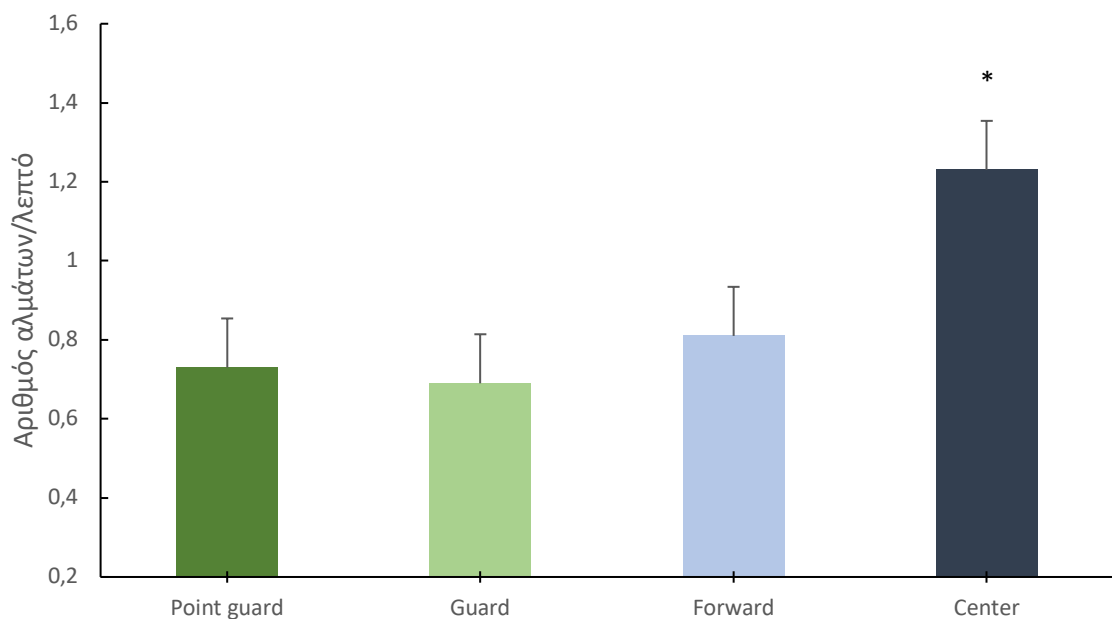
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα μεταξύ τεσσάρων ομάδων, προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά για τη μεταβλητή της μέγιστης ταχύτητας (Speed_max), $[F(3,54) = 3,99, p = 0,012]$. Από την ανάλυση πολλαπλών συγκρίσεων κατά Bonferroni, διαπιστώθηκε ότι οι Guards παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη τιμή σε σχέση με τους Center (11,97%). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Σχηματική απεικόνιση της διαφοράς της μέγιστης ταχύτητας μεταξύ παιχτών διαφορετικών θέσεων. Με * παρουσιάζεται η στατιστικά σημαντική διαφορά με τους Center.

3.2. Διαφορά αλμάτων ανά λεπτό μεταξύ των διαφορετικών θέσεων

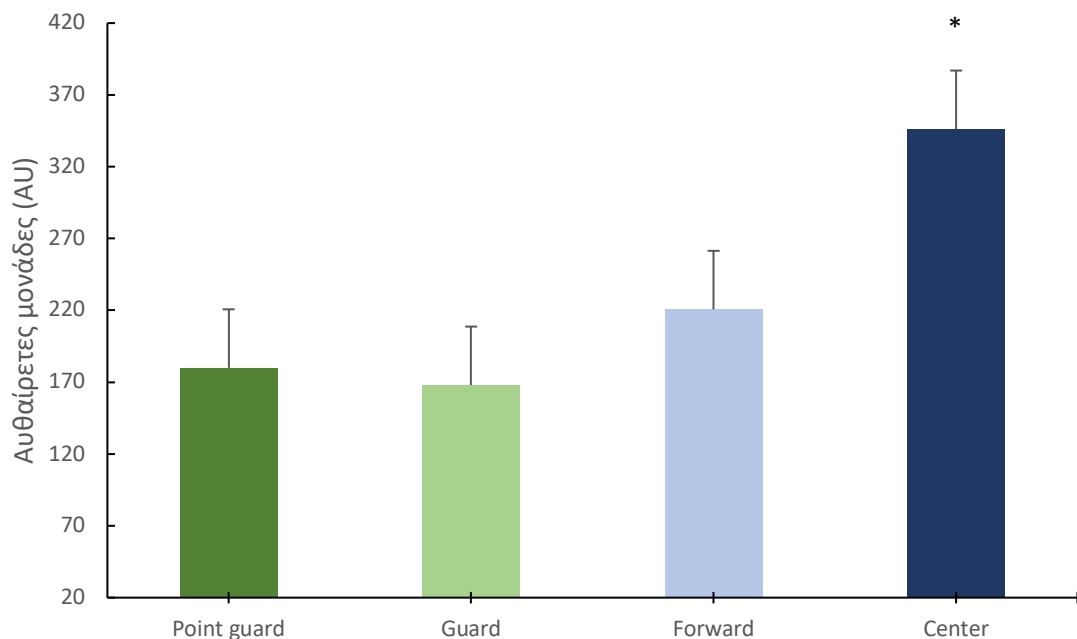
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα μεταξύ τεσσάρων ομάδων, προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά για τη μεταβλητή του αριθμού αλμάτων ανά λεπτό, [$F(3,54) = 11,62$, $p < 0,05$). Από την ανάλυση πολλαπλών συγκρίσεων κατά Bonferroni, διαπιστώθηκε ότι οι Centers παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερες τιμές σε σχέση με τους Guards (79,1%), τους Point guard (69,3%) και τους Forward (52,8%). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 2.



Σχήμα 2. Σχηματική απεικόνιση της διαφοράς των αλμάτων ανά λεπτό μεταξύ παιχτών διαφορετικών θέσεων. Με * παρουσιάζεται η στατιστικά σημαντική διαφορά με τις υπόλοιπες ομάδες.

3.3. Διαφορά επιβάρυνσης μέσω αλμάτων ανά λεπτό μεταξύ των διαφορετικών θέσεων

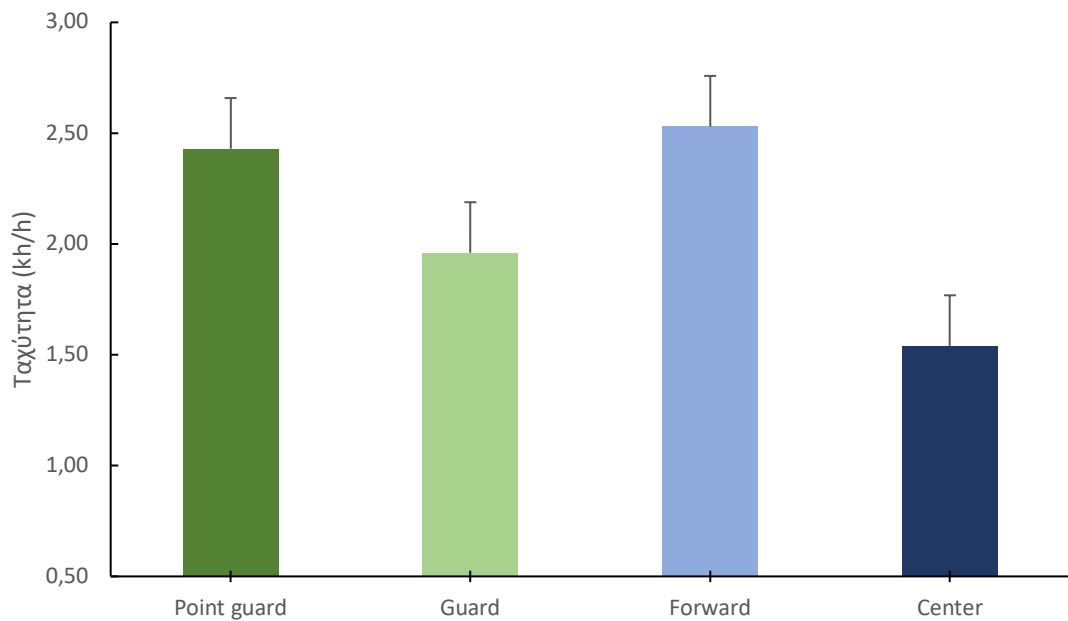
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα μεταξύ τεσσάρων ομάδων, προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά για τη μεταβλητή επιβάρυνση μέσω αλμάτων ανά λεπτό, $[F(3,54) = 18,72, p < 0,05]$. Από την ανάλυση πολλαπλών συγκρίσεων κατά Bonferroni, διαπιστώθηκε ότι οι Centers παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερες τιμές σε σχέση με τους Guards (106,1%), τους Point guard (92.3%) και τους Forward (56.8%). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 3.



Σχήμα 3. Σχηματική απεικόνιση της διαφοράς των αλμάτων ανά λεπτό μεταξύ παιχτών διαφορετικών θέσεων. Με * παρουσιάζεται η στατιστικά σημαντική διαφορά με τις υπόλοιπες ομάδες.

3.4. Διαφορά μέσης ταχύτητας μεταξύ των διαφορετικών θέσεων

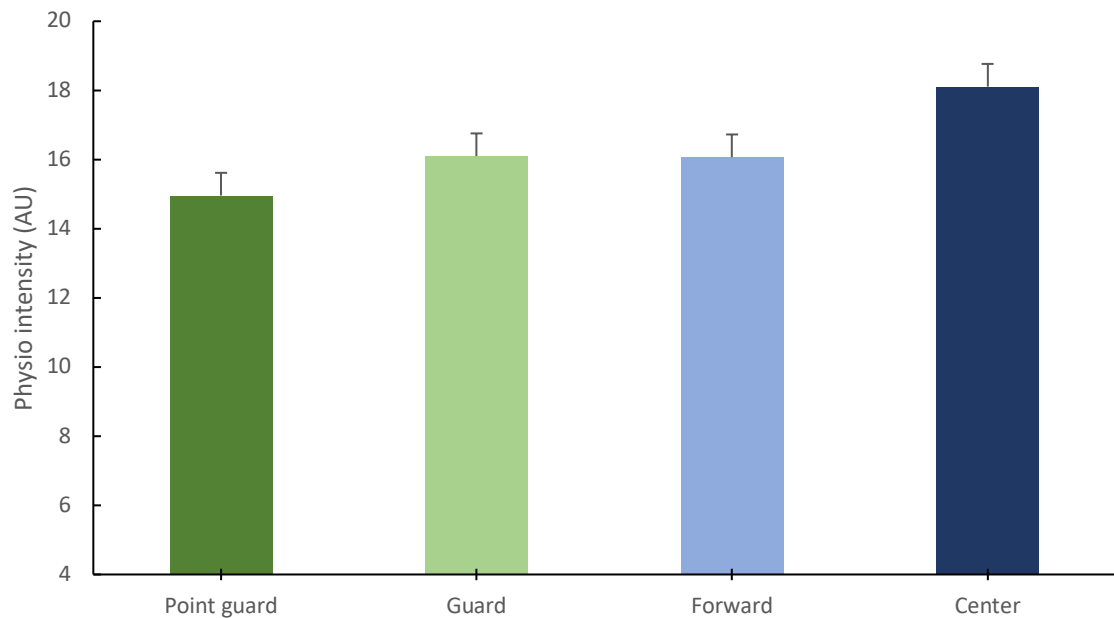
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα μεταξύ τεσσάρων ομάδων, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά για τη Speed_average, $[F(3,54) = 2,51, p = 0,07]$. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.



Σχήμα 4. Σχηματική απεικόνιση της διαφοράς της μέσης ταχύτητας μεταξύ παιχτών διαφορετικών θέσεων.

3.5. Διαφορά σωματικής επιβάρυνσης μεταξύ των διαφορετικών θέσεων

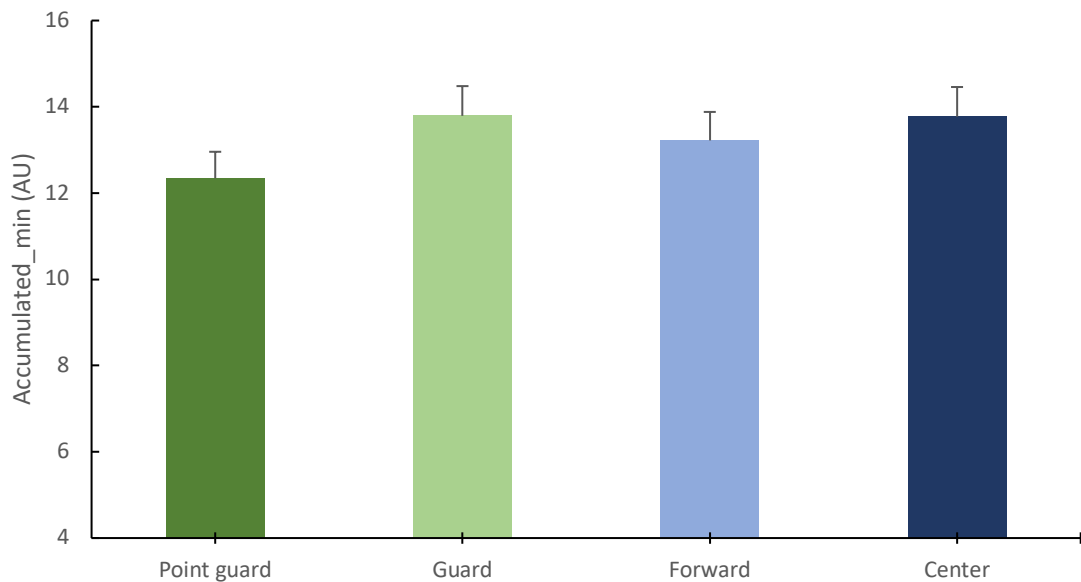
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα μεταξύ τεσσάρων ομάδων, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά για τη σωματική επιβάρυνση, $[F(3,54) = 2,67, p = 0,06]$. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.



Σχήμα 5. Σχηματική απεικόνιση της διαφοράς της σωματικής επιβάρυνσης μεταξύ παιχτών διαφορετικών θέσεων.

3.6. Διαφορά ανά λεπτό συσσωρευτική επιβάρυνση στους τρεις άξονες κίνησης μεταξύ των διαφορετικών θέσεων

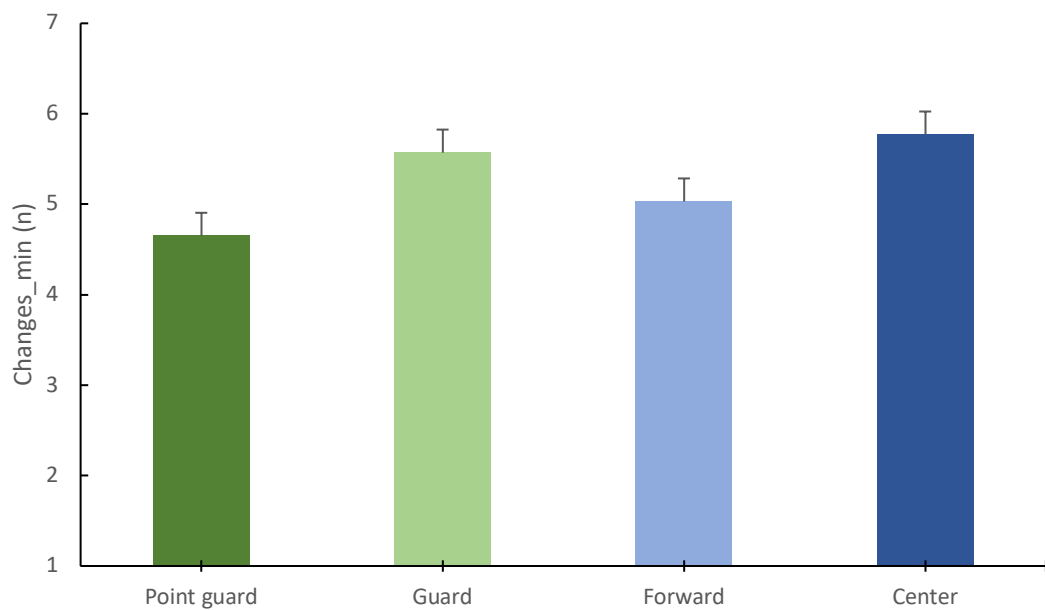
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα μεταξύ τεσσάρων ομάδων, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά για την Accumulated_min, [$F(3,54) = 1,62$, $p = 0,19$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 6.



Σχήμα 6. Σχηματική απεικόνιση της διαφοράς της ανά λεπτό συσσωρευτικής επιβάρυνσης στους τρεις άξονες κίνησης μεταξύ παιχτών διαφορετικών θέσεων.

3.7. Διαφορά της αλλαγής προσανατολισμού μεγαλύτερη από 120 μοίρες μεταξύ διαφορετικών θέσεων

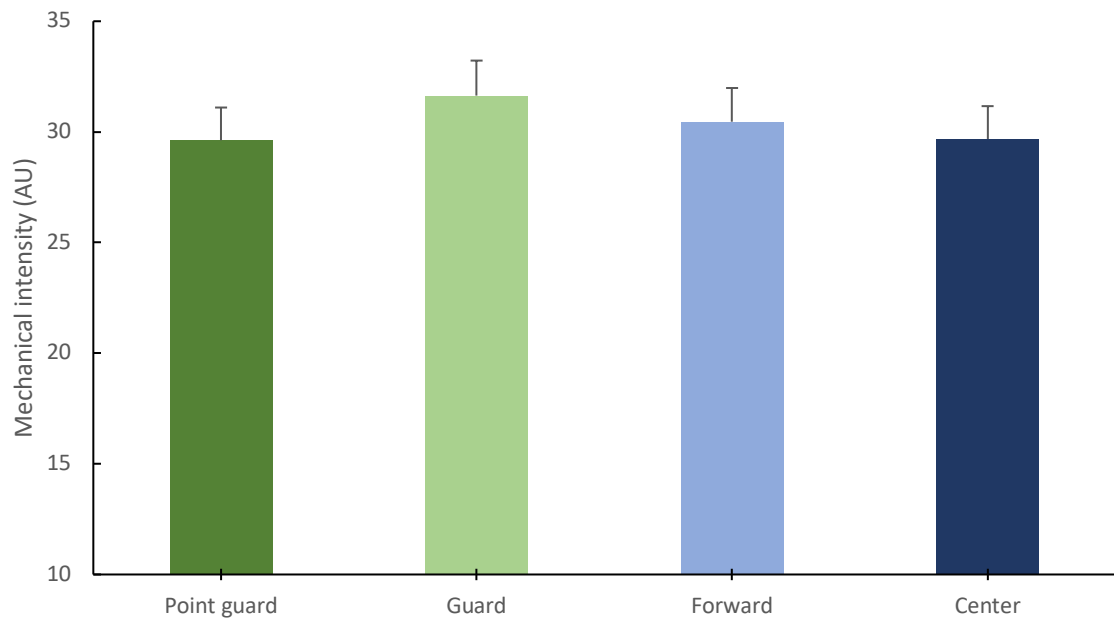
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα μεταξύ τεσσάρων ομάδων, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά για τη $Changes_min$, [$F(3,54) = 1,06$, $p = 0,37$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 7.



Σχήμα 7. Σχηματική απεικόνιση της διαφοράς της αλλαγής προσανατολισμού μεγαλύτερης από 120 μοίρες μεταξύ παιχτών διαφορετικών θέσεων.

3.8. Διαφορά της μηχανικής επιβάρυνσης μεταξύ διαφορετικών θέσεων

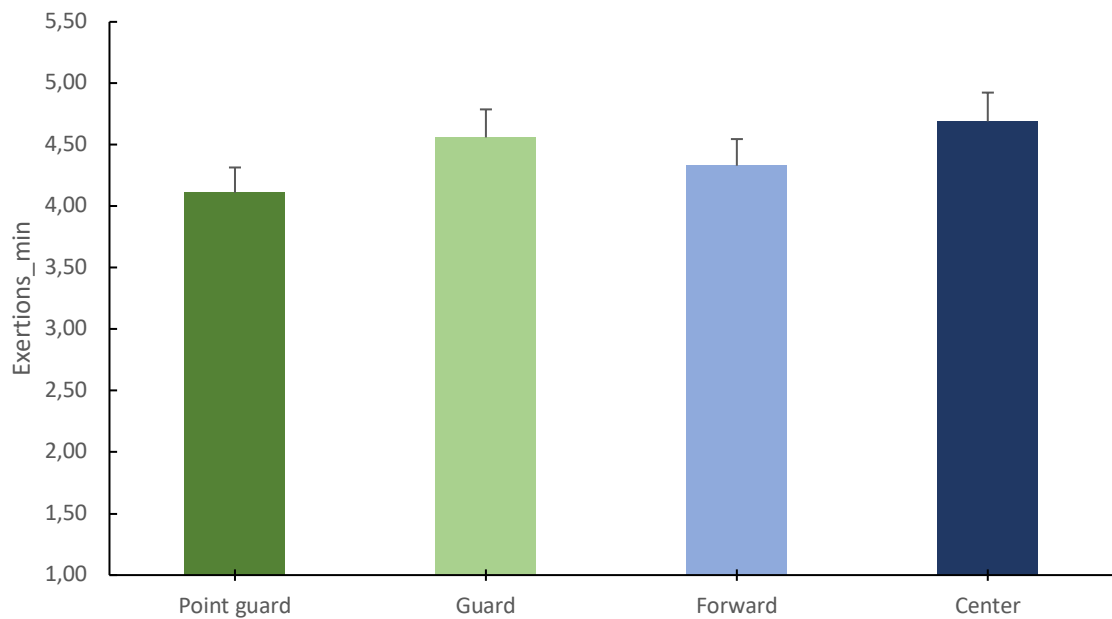
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα μεταξύ τεσσάρων ομάδων, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά για τη Mechanical_intensity, $[F(3,54) = 2,04, p = 0,12]$. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 8.



Σχήμα 8. Σχηματική απεικόνιση της διαφοράς της μηχανικής επιβάρυνσης μεταξύ παιχτών διαφορετικών θέσεων.

3.9. Διαφορά στις επιταχύνσεις άνω 4 m/sec² μεταξύ διαφορετικών θέσεων

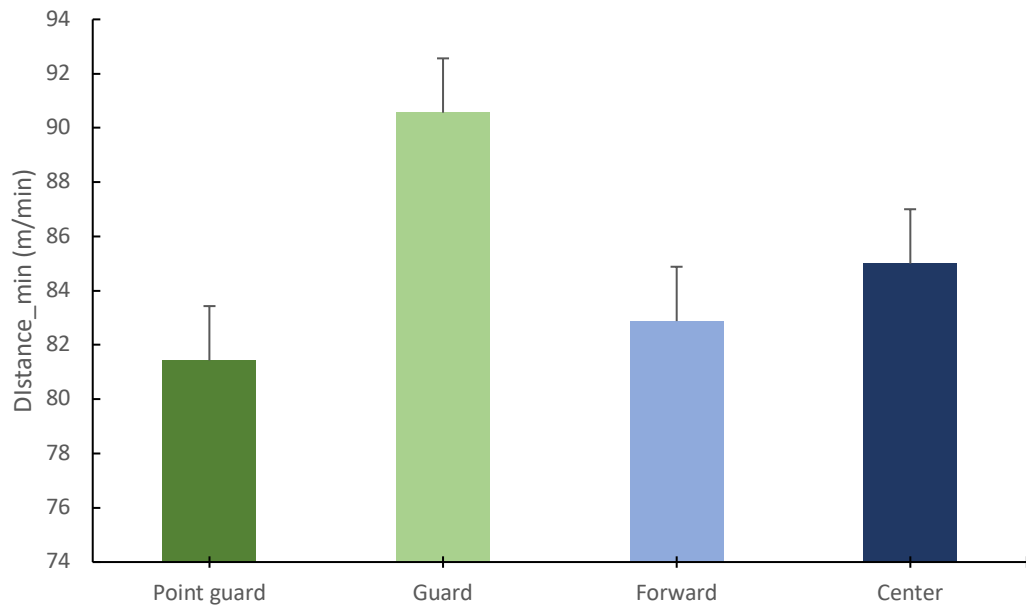
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα μεταξύ τεσσάρων ομάδων, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά για την Exertions_min, [F(3,54) = 1,3, p = 0,28]. Τα αποτελέσματα στο Σχήμα 9. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 9.



Σχήμα 9. Σχηματική απεικόνιση της διαφοράς στις επιταχύνσεις άνω 4 m/sec² μεταξύ παιχτών διαφορετικών θέσεων.

3.10. Διαφορά της διανυόμενης ανά λεπτό απόστασης μεταξύ διαφορετικών θέσεων

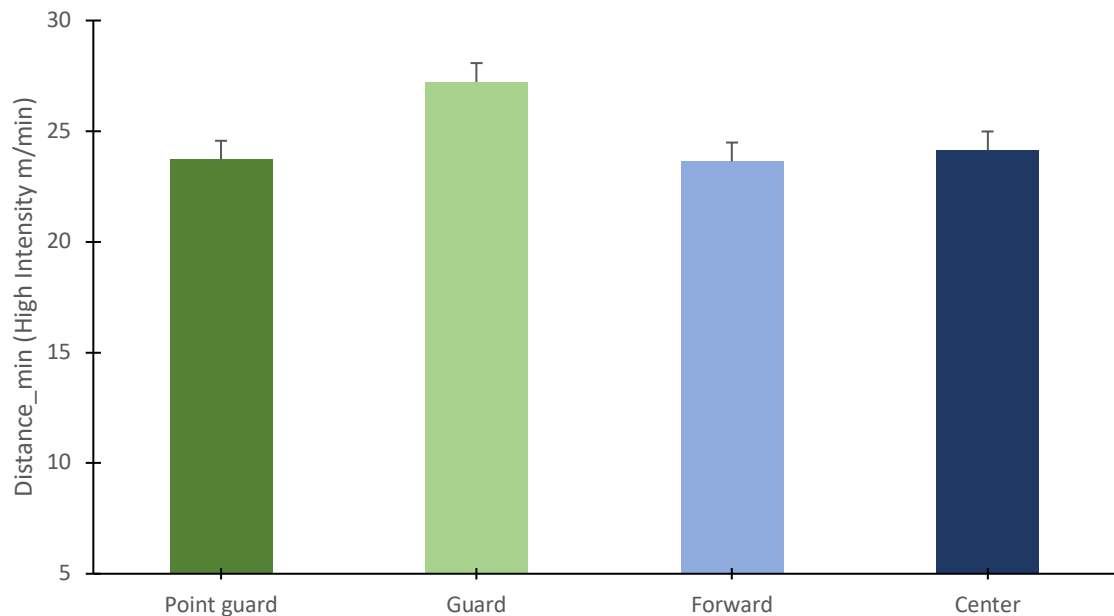
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα μεταξύ τεσσάρων ομάδων, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά για τη Distance_min, $[F(3,54) = 2,56, p=0,06]$. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 10.



Σχήμα 10. Σχηματική απεικόνιση της διαφοράς της διανυόμενης ανά λεπτό απόστασης μεταξύ παιχτών διαφορετικών θέσεων.

3.11. Διαφορά της διανυόμενης ανά λεπτό απόστασης σε προσπάθειες υψηλής έντασης μεταξύ των διαφορετικών θέσεων

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα μεταξύ τεσσάρων ομάδων, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά για τη Distance_min_A, [$F(3,54) = 1,72$, $p = 0,17$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 11.



Σχήμα 11. Σχηματική απεικόνιση της διαφοράς της διανυόμενης ανά λεπτό απόστασης σε προσπάθειες υψηλής έντασης μεταξύ παιχτών διαφορετικών θέσεων.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ένα βασικό στοιχείο για τον προγραμματισμό και την παρακολούθηση των προπονητικών προγραμμάτων, είναι η διαφοροποίηση που παρατηρείται στην εξωτερική επιβάρυνση ανάλογα με την αγωνιστική θέση των παικτών (Svilar et al., 2018). Προκειμένου να διαπιστωθούν οι διαφορές στην εξωτερική επιβάρυνση των παικτών ανάλογα την αγωνιστική τους θέση, η παρούσα μελέτη κατέγραψε την εξωτερική επιβάρυνση των παικτών μέσω αδρανειακών αισθητήρων (Varley et al., 2017). Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής παρέχουν χρήσιμα συμπεράσματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καλύτερη διαχείριση της επιβάρυνσης των παικτών κατά την διάρκεια του αγώνα. Το κύριο χαρακτηριστικό των αποτελεσμάτων ήταν ότι οι παίκτες είχαν διαφορετική επιβάρυνση, ανάλογα με την αγωνιστική τους θέση.

Τα αποτελέσματα για την μέγιστη ταχύτητα δείχνουν, ότι οι Guards πραγματοποίησαν υψηλότερες ταχύτητες (>18 km/h) σε σύγκριση με τους παίκτες που αγωνίζονται σε άλλες θέσεις, με τους centers συγκεκριμένα, να παρουσιάζουν τις χαμηλότερες τιμές. Παρόμοια ήταν τα αποτελέσματα σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε ομάδες με έφηβους αθλητές του γαλλικού ινστιτούτου αθλητισμού στην οποία οι centers πραγματοποίησαν χαμηλότερές τιμές μέγιστης ταχύτητας (Irid et al., 2025). Αξίζει να τονιστεί πως τα παραπάνω αποτελέσματα επηρεάζονται από τον τρόπο παιχνιδιού της κάθε ομάδας (Castillo et al., 2021).

Σημαντική διαφορά διαπιστώθηκε επίσης στον δείκτη JL/min όπου οι αθλητές που αγωνίζονται στη θέση του center παρουσίασαν υψηλότερες τιμές από τους forwards και τους guards. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν πως υπάρχουν διαφορετικές απαιτήσεις ανά θέση και ανά άξονα κίνησης, καθώς το JL/min αναφέρεται κυρίως στον κατακόρυφο άξονα στον οποίο επιδρά σημαντικά η δύναμη της βαρύτητας. Αθλητές με υψηλότερο σωματικό βάρος, όπως οι centers, παρουσιάζουν υψηλότερες επιβαρύνσεις στον κατακόρυφο άξονα (Messier et al., 2005). Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε αντρική ομάδα επαγγελματικού επιπέδου βρέθηκαν παρόμοια ευρήματα με τα αποτελέσματα της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας (Martinho et al., 2025).

Αντίθετα δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στους δείκτες Distance_min, Distance_min_A, Accumulated/min, Mechanical_intensity, Changes_min, Exertions_min, Physio_intensity. Σε μελέτη των Abdelkrim et al. (2010) σε νεαρούς αθλητές δεν

διαπιστώθηκαν διαφορές στη συνολική διανυόμενη απόσταση, ωστόσο καταγράφηκαν διαφορές στην απόσταση που διανύθηκε σε υψηλές ταχύτητες. Παρόμοια τάση παρατηρήθηκε και στην παρούσα μελέτη, χωρίς όμως οι διαφορές αυτές να είναι στατιστικά σημαντικές. Παράλληλα, συγκρίσεις παικτών με βάση την ηλικία έχουν δείξει να έχουν σημαντικές διαφορές στην εξωτερική επιβάρυνση των αθλητών. Συγκεκριμένα, σε επαγγελματικό επίπεδο η διανυόμενη απόσταση κυμαίνεται από 1.991 έως 6.310 μέτρα, ενώ σε νεαρούς αθλητές (U18) έχει αναφερθεί ότι διανύουν έως και 7.558 μέτρα (Ben Abdelkrim et al., 2010). Η διαφορά ενδεχομένως να οφείλεται στην διαφορά επιπέδου σε τεχνικό-τακτικά στοιχεία καθώς οι επαγγελματίες φαίνεται να είναι πιο οικονομικοί και αποτελεσματικοί στις κινήσεις τους σε σχέση με αθλητές μικρότερων ηλικιών, καθώς επίσης και στον τρόπο παιχνιδιού που αγωνίζονται ομάδες κατηγορίας παιδών, όπου παρατηρείται πανομοιότυπος τρόπος παιχνιδιού μεταξύ τους (Gál-Pottyondy et al., 2025; Petway et al., 2020).

Η ειδοποιός διαφορά της ηλικιακής κατηγορίας των παιδών ήταν η επίδραση που έχει η φάση ανάπτυξης στο σώμα των παικτών. Κατά τη διάρκεια του PHV παρατηρείται μια κινητική αδεξιότητα ή αλλιώς εφηβική αδεξιότητα, η οποία ορίζεται ως μια προσωρινή διαταραχή του κινητικού ελέγχου που προκαλείται από την ταχεία αύξηση των άκρων (Faigenbaum et al., 2020). Ο Garcia et al. (2021) με βάση τα παραπάνω καταλήγει, ότι οι παίκτες που βρίσκονται στα στάδια του PHV είναι αυτοί που δυσκολεύονται να τρέξουν με ταχύτητες μεγαλύτερες από τα 18km/h. Και ενδεχομένως να χρειάζεται μια διαφορετική προσέγγιση στην καταγραφή και παρακολούθηση της εξωτερικής επιβάρυνσης (Chen et al., 2022; Cipriano et al., 2024). Με τα δεδομένα αυτά, κρίνεται απαραίτητη η περαιτέρω διερεύνηση σε δείκτες εξωτερικής επιβάρυνσης σε αυτή την ηλικιακή κατηγορία, καθώς η καταγραφή της ιδιαίτερα για την κατηγορία των παιδών που υπάρχει και η ιδιαιτερότητα του μέγιστου ρυθμού αύξησης του ύψους αποτελεί πεδίο με λιγοστές αναφορές στην ερευνητική βιβλιογραφία.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής ήταν η παρακολούθηση της εξωτερικής επιβάρυνσης των παικτών κατά την διάρκεια των αγώνων και η σύγκριση των απαιτήσεων της εξωτερικής επιβάρυνσης μεταξύ των παικτών. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής έδειξαν ότι η εξωτερική επιβάρυνση των παικτών διαφοροποιείται ανάλογα με την αγωνιστική θέση. Αν και υπάρχουν μελέτες που εξετάζουν τις διαφοροποιήσεις της επιβάρυνσης ανά αγωνιστική θέση των παικτών, απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση των δεικτών σε αυτή την ηλικιακή κατηγορία καθώς η καταγραφή της εξωτερικής επιβάρυνσης αποτελεί πεδίο με λιγοστές αναφορές στην ερευνητική βιβλιογραφία στην κατηγορία των παιδών.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Alonso, E., Miranda, N., Zhang, S., Sosa, C., Trapero, J., Lorenzo, J., & Lorenzo, A. (2020). Peak Match Demands in Young Basketball Players: Approach and Applications. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7), 2256. <https://doi.org/10.3390/ijerph17072256>
2. Alonso Pérez-Chao, E., Gómez, M.-Á., Lisboa, P., Trapero, J., Jiménez, S. L., & Lorenzo, A. (2022). Fluctuations in External Peak Demands Across Quarters During Basketball Games. *Frontiers in Physiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.868009>
3. Alt, P. S., Baumgart, C., Ueberschär, O., Freiwald, J., & Hoppe, M. W. (2020). Validity of a Local Positioning System during Outdoor and Indoor Conditions for Team Sports. *Sensors*, 20(20), 5733. <https://doi.org/10.3390/s20205733>
4. Anderson, L., Drust, B., Close, G. L., & Morton, J. P. (2022). Physical loading in professional soccer players: Implications for contemporary guidelines to encompass carbohydrate periodization. *Journal of Sports Sciences*, 40(9), 1000–1019. <https://doi.org/10.1080/02640414.2022.2044135>
5. Askow, A. T., Jennings, W., Jagim, A. R., Fields, J. B., Beaudoin, R. G., Sanchez, G. M., Weeks, J. E., Oliver, J. M., & Jones, M. T. (2023). Athlete External Load Measures Across a Competitive Season in High School Basketball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 37(11), 2206–2212. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004552>
6. Balloch, A. S., Meghji, M., Newton, R. U., Hart, N. H., Weber, J. A., Ahmad, I., & Habibi, D. (2020). Assessment of a Novel Algorithm to Determine Change-of-Direction Angles While Running Using Inertial Sensors. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(1), 134–144. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003064>
7. Ben Abdelkrim, N., Castagna, C., Jabri, I., Battikh, T., El Fazaa, S., & Ati, J. El. (2010). Activity Profile and Physiological Requirements of Junior Elite Basketball Players in Relation to Aerobic-Anaerobic Fitness. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2330–2342. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e381c1>
8. Ben Abdelkrim, N., El Fazaa, S., & El Ati, J. (2007). Time–motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *British Journal of Sports Medicine*, 41(2), 69–75. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2006.032318>
9. Caparros, T., Eduard Alentorn-Geli, Gregory Myer, Lluís Capdevila Ortís, Kristian Samuelsson, Bruce Hamilton, & Gil Rodas. (2016). The Relationship of Practice Exposure and Injury Rate on Game Performance and Season Success in Professional Male Basketball. *Journal of Sports Science and Medicine*. 15, 397-303.
10. Castillo, D., Raya-González, J., Clemente, F., Conte, D., & Rodríguez-Fernández, A. (2021). The effects of defensive style and final game outcome on the external training load of professional basketball players. *Biology of Sport*, 38(3), 483–490. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2021.101124>
11. Chatzinikolaou, A., Draganidis, D., Avloniti, A., Karipidis, A., Jamurtas, A. Z., Skevaki, C. L., Tsoukas, D., Sovatzidis, A., Theodorou, A., Kambas, A., Papassotiriou, I., Taxildaris, K., &

- Fatouros, I. (2014). The microcycle of inflammation and performance changes after a basketball match. *Journal of Sports Sciences*, 32(9), 870–882. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.865251>
12. Chatzinikolaou, A., Fatouros, I. G., Gourgoulis, V., Avloniti, A., Jamurtas, A. Z., Nikolaidis, M. G., Douroudos, I., Michailidis, Y., Beneka, A., Malliou, P., Tofas, T., Georgiadis, I., Mandalidis, D., & Taxildaris, K. (2010). Time Course of Changes in Performance and Inflammatory Responses After Acute Plyometric Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(5), 1389–1398. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d1d318>
 13. Chen, W.-H., Chiang, C.-W., Fiolo, N. J., Fuchs, P. X., & Shiang, T.-Y. (2022). Ideal Combinations of Acceleration-Based Intensity Metrics and Sensor Positions to Monitor Exercise Intensity under Different Types of Sports. *Sensors*, 22(7), 2583. <https://doi.org/10.3390/s22072583>
 14. Cipriano, R., Pérez-Chao, E., Lago, C., Zong, S., & Gómez, M.-Á. (2024). Frequency and intensity of maximal and submaximal demanding scenarios in U19 professional soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 42(12), 1112–1119. <https://doi.org/10.1080/02640414.2024.2384256>
 15. Dalen, T., Jørgen, I., Gertjan, E., Geir Havard, H., & Ulrik, W. (2016). Player Load, Acceleration, and Deceleration During Forty-Five Competitive Matches of Elite Soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(2), 351–359. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001063>
 16. Di Mattia, A., & Krumer, A. (2023). Fewer teams, more games, larger attendance? Evidence from the structural change in basketball's EuroLeague. *European Journal of Operational Research*, 309(1), 359–370. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2023.01.002>
 17. Dos'Santos, T., Thomas, C., Comfort, P., & Jones, P. A. (2019). The Effect of Training Interventions on Change of Direction Biomechanics Associated with Increased Anterior Cruciate Ligament Loading: A Scoping Review. *Sports Medicine*, 49(12), 1837–1859. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01171-0>
 18. Faigenbaum, A., Lloyd, R., & Oliver, J. (2020). *Essentials of Youth Fitness* (A. Faigenbaum, R. Lloyd, & J. Oliver, Eds.; First Edition). Human Kinetics Publishers.
 19. Fox, J. L., Green, J., & Scanlan, A. T. (2021). Not All About the Effort? A Comparison of Playing Intensities During Winning and Losing Game Quarters in Basketball. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(9), 1378–1381. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0448>
 20. García, F., Castellano, J., Reche, X., & Vázquez-Guerrero, J. (2021). Average Game Physical Demands and the Most Demanding Scenarios of Basketball Competition in Various Age Groups. *Journal of Human Kinetics*, 79, 165–174. <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0070>
 21. García, F., Castellano, J., Vicens-Bordas, J., Vázquez-Guerrero, J., & Ferioli, D. (2023). Impact of a 6-Day Official Tournament on Physical Demands, Perceptual–Physiological Responses, Well-Being, and Game Performance of Under-18 Basketball Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 18(10), 1109–1115. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2022-0460>
 22. García, F., Schelling, X., Castellano, J., Martín-García, A., Pla, F., & Vázquez-Guerrero, J. (2022). Comparison of the most demanding scenarios during different in-season training sessions and

- official matches in professional basketball players. *Biology of Sport*, 39(2), 237–244. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2022.104064>
23. Haff, G., & Triplett, T. (2016). *Essentials of strength training and conditioning* (4th ed.). Human Kinetics.
 24. Harkness-Armstrong, A., Till, K., Datson, N., & Emmonds, S. (2022). Determining age-specific velocity thresholds for elite youth female soccer players. *Science and Medicine in Football*, 6(5), 581–588. <https://doi.org/10.1080/24733938.2021.1991585>
 25. Harper, D. J., Jordan, A. R., & Kiely, J. (2021). Relationships Between Eccentric and Concentric Knee Strength Capacities and Maximal Linear Deceleration Ability in Male Academy Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(2), 465–472. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002739>
 26. Harper, D. J., & Kiely, J. (2018). Damaging nature of decelerations: Do we adequately prepare players? *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 4(1), e000379. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000379>
 27. Ibáñez, S. J., Gantois, P., Rico-González, M., García-Rubio, J., & Ortega, J. P. (2024). Profile of Accelerations and Decelerations in Young Basketball Players. *Applied Sciences*, 14(10), 4120. <https://doi.org/10.3390/app14104120>
 28. Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and External Training Load: 15 Years On. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 270–273. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0935>
 29. Irid, Y., Hutin, J., Toussaint, J.-F., & Sedeaud, A. (2025). Exploring the most demanding scenarios in elite youth basketball: a comprehensive analysis across playing positions and time windows. *Biology of Sport*, 42(4), 37–47. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2025.148537>
 30. Kasper, A. M., Allan, J., Hodges, D., Catterson, P., Mason, L., Fitzpatrick, J., Grantham, N., Morton, J. P., Hearn, M. A., & Close, G. L. (2024). Nutritional habits of professional team sport athletes: An insight into the carbohydrate, fluid, and caffeine habits of English Premier League football players during match play. *Journal of Sports Sciences*, 42(17), 1589–1596. <https://doi.org/10.1080/02640414.2024.2402137>
 31. Klusemann, M. J., Pyne, D. B., Hopkins, W. G., & Drinkwater, E. J. (2013). Activity Profiles and Demands of Seasonal and Tournament Basketball Competition. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(6), 623–629. <https://doi.org/10.1123/ijsp.8.6.623>
 32. Koyama, T., Nishikawa, J., Yaguchi, K., Irino, T., & Rikukawa, A. (2024). A comparison of the physical demands generated by playing different opponents in basketball friendly matches. *Biology of Sport*, 41(1), 253–260. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2024.129474>
 33. López-Laval, I., Legaz-Arrese, A., George, K., Serveto-Galindo, O., González-Rave, J. M., Reverter-Masia, J., & Munguía-Izquierdo, D. (2016). Cardiac troponin I release after a basketball match in elite, amateur and junior players. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*, 54(2). <https://doi.org/10.1515/cclm-2015-0304>
 34. Malina, R. M., Eisenmann, J. C., Cumming, S. P., Ribeiro, B., & Aroso, J. (2004). Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players

13?15 years. *European Journal of Applied Physiology*, 91(5–6), 555–562. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0995-z>

35. Martínez-Hernández, D. (2024). Flywheel Eccentric Training: How to Effectively Generate Eccentric Overload. *Strength & Conditioning Journal*, 46(2), 234–250. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000795>
36. Martinho, D. V., Clemente, F. M., Gomez, M.-Á., Rebelo, A., Field, A., Santos, C. C., Gouveia, É. R., Afonso, J., & Sarmento, H. (2025). Physical, Physiological, Technical and Tactical Responses According to Playing Position in Male Basketball: A Systematic Scoping Review. *Journal of Human Kinetics*, 96, 5–35. <https://doi.org/10.5114/jhk/203326>
37. McBurnie, A. J., Harper, D. J., Jones, P. A., & Dos'Santos, T. (2022). Deceleration Training in Team Sports: Another Potential 'Vaccine' for Sports-Related Injury? *Sports Medicine*, 52(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01583-x>
38. McGuigan, M. (2017). *Monitoring training and performance in athletes* (M. McGuigan, Ed.).
39. Messier, S. P., Gutekunst, D. J., Davis, C., & DeVita, P. (2005). Weight loss reduces knee-joint loads in overweight and obese older adults with knee osteoarthritis. *Arthritis & Rheumatism*, 52(7), 2026–2032. <https://doi.org/10.1002/art.21139>
40. Miró, A., Vicens-Bordas, J., Beato, M., Salazar, H., Coma, J., Pintado, C., & García, F. (2024). Differences in Physical Demands and Player's Individual Performance Between Winning and Losing Quarters on U-18 Basketball Players During Competition. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 9(4), 211. <https://doi.org/10.3390/jfmk9040211>
41. Novak, A. R., Impellizzeri, F. M., Trivedi, A., Coutts, A. J., & McCall, A. (2021). Analysis of the worst-case scenarios in an elite football team: Towards a better understanding and application. *Journal of Sports Sciences*, 39(16), 1850–1859. <https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1902138>
42. Petway, A. J., Freitas, T. T., Calleja-González, J., Medina Leal, D., & Alcaraz, P. E. (2020). Training load and match-play demands in basketball based on competition level: A systematic review. *PLOS ONE*, 15(3), e0229212. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229212>
43. Scanlan, A., Dascombe, B., & Reaburn, P. (2011). A comparison of the activity demands of elite and sub-elite Australian men's basketball competition. *Journal of Sports Sciences*, 29(11), 1153–1160. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.582509>
44. Shahidi, S. H., Çetiner, A., Güneş, F., Esformes, J. I., & Karakaş, S. (2024). Maturation and Bio-Banding in Youth Soccer Players: Insights from Turkish Male Academy across U-10 to U-15 Age. *International Journal of Strength and Conditioning*, 4(1). <https://doi.org/10.47206/ijsc.v4i1.302>
45. Sosa, C., Lorenzo, A., Trapero, J., Ribas, C., Alonso, E., & Jimenez, S. L. (2021a). Specific Absolute Velocity Thresholds during Male Basketball Games Using Local Positional System; Differences between Age Categories. *Applied Sciences*, 11(10), 4390. <https://doi.org/10.3390/app11104390>
46. Sosa, C., Lorenzo, A., Trapero, J., Ribas, C., Alonso, E., & Jimenez, S. L. (2021b). Specific Absolute Velocity Thresholds during Male Basketball Games Using Local Positional System;

Differences between Age Categories. *Applied Sciences*, 11(10), 4390. <https://doi.org/10.3390/app11104390>

47. Stojanović, E., Stojiljković, N., Scanlan, A. T., Dalbo, V. J., Berkelmans, D. M., & Milanović, Z. (2018). The Activity Demands and Physiological Responses Encountered During Basketball Match-Play: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 48(1), 111–135. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0794-z>
48. Stone, J. D., Merrigan, J. J., Ramadan, J., Brown, R. S., Cheng, G. T., Hornsby, W. G., Smith, H., Galster, S. M., & Hagen, J. A. (2022). Simplifying External Load Data in NCAA Division-I Men's Basketball Competitions: A Principal Component Analysis. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4. <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.795897>
49. Svilar, L. (2022). *Essentials of physical performance in elite basketball: Communication, needs analysis, testing, training, load monitoring, periodization, recovery* (3rd ed.). Data Status.
50. Svilar, L., Castellano, J., & Jukic, I. (2019). Comparison of 5vs5 Training Games and Match-Play Using Microsensor Technology in Elite Basketball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(7), 1897–1903. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002826>
51. Svilar, L., Castellano, J., Jukic, I., & Casamichana, D. (2018). Positional Differences in Elite Basketball: Selecting Appropriate Training-Load Measures. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(7), 947–952. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0534>
52. Sweeting, A. J., Cormack, S. J., Morgan, S., & Aughey, R. J. (2017). When Is a Sprint a Sprint? A Review of the Analysis of Team-Sport Athlete Activity Profile. *Frontiers in Physiology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00432>
53. Varley, M. C., Jaspers, A., Helsen, W. F., & Malone, J. J. (2017). Methodological Considerations When Quantifying High-Intensity Efforts in Team Sport Using Global Positioning System Technology. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(8), 1059–1068. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0534>
54. Vázquez-Guerrero, J., Fernández-Valdés, B., Gonçalves, B., & Sampaio, J. E. (2019). Changes in Locomotor Ratio During Basketball Game Quarters From Elite Under-18 Teams. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02163>
55. Vázquez-Guerrero, J., Fernández-Valdés, B., Jones, B., Moras, G., Reche, X., & Sampaio, J. (2019). Changes in physical demands between game quarters of U18 elite official basketball games. *PLOS ONE*, 14(9), e0221818. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221818>
56. Vázquez-Guerrero, J., Jones, B., Fernández-Valdés, B., Moras, G., Reche, X., & Sampaio, J. (2019). Physical demands of elite basketball during an official U18 international tournament. *Journal of Sports Sciences*, 37(22), 2530–2537. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1647033>
57. Vazquez-Guerrero, J., Reche, X., Cos, F., Casamichana, D., & Sampaio, J. (2020). Changes in External Load When Modifying Rules of 5-on-5 Scrimmage Situations in Elite Basketball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(11), 3217–3224. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002761>

58. Vázquez-Guerrero, J., Suarez-Arrones, L., Casamichana Gómez, D., & Rodas, G. (2018). Comparing external total load, acceleration and deceleration outputs in elite basketball players across positions during match play. *Kinesiology*, 50(2), 228–234. <https://doi.org/10.26582/k.50.2.11>