



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΚΑΙ ΕΡΓΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ**

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
"ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ & ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗ"**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η επίδραση της ηλικίας και της ωρίμανσης στην ικανότητα της αντοχής των
νεαρών ποδοσφαιριστών**

Καραγκούνης Αλέξανδρος [Α.Ε.Μ. 13010]

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 "Προπονητική"

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Επιβλέπων Καθηγητής: Χατζηνικολάου Αθανάσιος, Καθηγητής, Τ.Ε.Φ.Α.Α. - Σ.Ε.Φ.Α.Α.Ε. - Δ.Π.Θ.

2ο Μέλος: Αυλωνίτη Αλεξάνδρα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Τ.Ε.Φ.Α.Α. - Σ.Ε.Φ.Α.Α.Ε. - Δ.Π.Θ.

3ο Μέλος: Σμήλιος Ηλίας, Καθηγητής, Τ.Ε.Φ.Α.Α. - Σ.Ε.Φ.Α.Α.Ε. - Δ.Π.Θ.

Κομοτηνή, 2024



DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE

**SCHOOL OF PHYSICAL EDUCATION, SPORTS SCIENCE AND
OCCUPATIONAL THERAPY**

DEPARTMENT OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORTS SCIENCE

POSTGRADUATE PROGRAM

"EXERCISE PHYSIOLOGY & SPORTS TRAINING SCIENCE"

MASTER DISSERTATION

**The effect of age and maturation on endurance capacity of young soccer
players**

Karagounis Alexandros [R.N. 13049]

A thesis submitted in partial fulfillment 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: Chatzinikolaou Athanasios, Professor D.P.E.S.S. - DUTH
Member 2: Avloniti Alexandra, Associate Professor D.P.E.S.S. - DUTH
Member 3: Smilios Ilias, Professor D.P.E.S.S. - DUTH

Komotini, 2024

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Καραγκούνης Αλέξανδρος: Η επίδραση της ηλικίας και της ωρίμανσης στην αερόβια και αναερόβια ικανότητα νεαρών ποδοσφαιριστών

(Με την επίβλεψη του Καθηγητή Χατζηνικολάου Αθανάσιου)

Η απόδοση και οι προπονητικές προσαρμογές σε νεαρούς ποδοσφαιριστές δεν ακολουθούν γραμμική πορεία με τη χρονολογική ηλικία, καθώς επηρεάζονται από τη βιολογική ωρίμανση και τον ρυθμό ανάπτυξης. Σκοπός της μεταπτυχιακής διατριβής ήταν να διερευνήσει την επίδραση διαφορετικών επιπέδων βιολογικής ωρίμανσης στην αντοχή και την ταχύτητα νεαρών ποδοσφαιριστών ηλικίας 10–15 ετών. Συμμετείχαν 61 ποδοσφαιριστές στους οποίους πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών, βιολογικής ωρίμανσης και φυσικής απόδοσης. Η βιολογική ωρίμανση εκτιμήθηκε με τη μέθοδο Mirwald (maturity offset – APHV) και οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες βάσει της βιολογικής ωριμότητας. Η φυσική απόδοση αξιολογήθηκε με τεστ σπριντ 10 m και 30 m (Repeated Sprint Ability – RSA) και με τη δοκιμασία Yo-Yo Intermittent Recovery Level 1 (Yo-Yo IR1). Από την ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε όλα τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά, οι οποίες αυξάνονταν με το επίπεδο ωρίμανσης. Οι πιο ώριμοι ποδοσφαιριστές εμφάνισαν καλύτερες επιδόσεις στα σπριντ και μικρότερους συνολικούς χρόνους στα επαναλαμβανόμενα σπριντ. Δεν εντοπίστηκαν διαφορές στη διανυθείσα απόσταση στο Yo-Yo IR1. Συμπερασματικά, η προχωρημένη βιολογική ωρίμανση συνδέεται με αυξημένη μυϊκή μάζα και βελτιωμένες αναερόβιες επιδόσεις, χωρίς ουσιαστική επίδραση στην ικανότητα αντοχής παρατεταμένου χρόνου. Η συνεκτίμηση της ωρίμανσης είναι απαραίτητη για τον σωστό προγραμματισμό προπόνησης αντοχής και ταχύτητας σε ποδοσφαιριστές αναπτυξιακών ηλικιών.

Λέξεις – κλειδιά: ποδόσφαιρο, προπόνηση, ωρίμανση, αναερόβια ικανότητα

ABSTRACT

Karagounis Alexandros: The effect of age and maturation on the aerobic and anaerobic capacity of young soccer players

(Under the supervision of Professor Chatzinikolaou Athanasios)

Performance and training adaptations in young soccer players show a non-linear relationship with chronological age, as they are influenced by biological maturation and growth rate. The purpose of the study was to examine the effect of different levels of biological maturation on endurance and sprint performance in young soccer players. A total of 61 male players aged 10–15 years participated in the study. Anthropometric, maturation, and performance measurements were conducted. Biological maturation was assessed using the Mirwald method (maturity offset and age at peak height velocity – APHV), and participants were divided into three groups based on their maturation stage. Physical performance was evaluated using 10 m and 30 m sprint tests (Repeated Sprint Ability – RSA) and the Yo-Yo Intermittent Recovery Level 1 test (Yo-Yo IR1). Analysis of variance (ANOVA) revealed statistically significant differences in all anthropometric parameters (height, body mass, sitting height, leg length, lean body mass, and FFMI), which increased progressively with increasing maturation. The more mature players (Group 3) demonstrated significantly better performance in 10 m and 30 m sprints and lower total times in repeated sprint tests. No significant differences were observed in the distance covered during the Yo-Yo IR1 test, although Group 3 exhibited higher heart rate values during the test. In conclusion, the results indicate that advanced biological maturation is associated with greater lean body mass and improved performance in anaerobic parameters, such as sprinting and repeated-sprint ability, without significantly affecting endurance. Recording and accounting for biological maturation is essential for effective planning and periodization of endurance and speed training in youth soccer players.

Keywords: *soccer, coaching, maturity, anaerobic capacity*

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	4
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	7
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
1.1. Σκοπός της έρευνας	15
1.2. Σημασία της έρευνας	15
1.3. Ερευνητικές υποθέσεις	16
1.4. Οριοθετήσεις και περιορισμοί της μελέτης	16
1.5. Ορισμοί και συντομογραφίες	16
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	18
2.1. Πειραματικός Σχεδιασμός	18
2.2. Δείγμα	18
2.3 Μετρήσεις	19
2.3.1 Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά	19
2.3.2 Βιολογική ωρίμανση	19
2.3.3 Αερόβια αντοχή	20
2.3.4 . Ικανότητα εκτέλεσης επαναλαμβανόμενων σπριντ (RSA)	20
2.3.5 Μέγιστη καρδιακή συχνότητα	20
2.4. Στατιστική ανάλυση	20
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	21
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	41

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	46
-----------------------	----

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	47
-----------------------	----

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της ηλικίας μεταξύ των 3 ομάδων	21
Σχήμα 2. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της σωματικής μάζας μεταξύ των 3 ομάδων.....	22
Σχήμα 3. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης του ύψους μεταξύ των 3 ομάδων.	23
Σχήμα 4. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης του καθιστού ύψους μεταξύ των 3 ομάδων	24
Σχήμα 5. Γραφική απεικόνιση του μήκους κάτω άκρου μεταξύ των 3 ομάδων	25
Σχήμα 6. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης του Δείκτη Μάζας Σώματος μεταξύ των 3 ομάδων.....	26
Σχήμα 7. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της χρονικής απόστασης από τον Μέγιστο ρυθμό ανάπτυξης ύψους μεταξύ των 3 ομάδων.	27
Σχήμα 8. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης του ποσοστού σωματικού λίπους μεταξύ των 3 ομάδων.....	28
Σχήμα 9. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της άλιπης μάζας σώματος μεταξύ των 3 ομάδων.....	29
Σχήμα 10. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης του Δείκτη Άλιπης Μάζας Σώματος (FFMI) μεταξύ των 3 ομάδων	30
Σχήμα 11. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της μέσης επίδοσης στα 10 μέτρα σπριντ μεταξύ των 3 ομάδων.	31
Σχήμα 12. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης του συνολικού χρόνου εκτέλεσης πέντε σπριντ 10 μέτρων μεταξύ των 3 ομάδων.....	32
Σχήμα 13. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης του χρόνου επίδοσης στη δοκιμασία πέντε επαναλαμβανόμενων σπριντ 10 μέτρων για τις τρεις ομάδες.	33
Σχήμα 14. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της μέσης επίδοσης στα 30 μέτρα σπριντ μεταξύ των 3 ομάδων	34
Σχήμα 15. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης του συνολικού χρόνου εκτέλεσης πέντε σπριντ 30 μέτρων μεταξύ των 3 ομάδων	35

Σχήμα 16. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης του χρόνου εκτέλεσης στη δοκιμασία πέντε επαναλαμβανόμενων σπριντ 30 μέτρων για τις τρεις ομάδες	36
Σχήμα 17. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης του δείκτη κόπωσης για επαναλαμβανόμενα σπριντ στις τρεις ομάδες.	37
Σχήμα 18. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της διανυθείσας απόστασης κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας YoYo.....	38
Σχήμα 19. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της καρδιακής συχνότητας σε πέντε χρονικά σημεία για τις τρεις ομάδες.	40

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το σύγχρονο ποδόσφαιρο έχει εξελιχθεί σε ένα πολυδιάστατο και εξαιρετικά απαιτητικό άθλημα, το οποίο συνδυάζει αερόβιες και αναερόβιες ενεργειακές διεργασίες, τεχνικές δεξιότητες, τακτική σκέψη και υψηλά επίπεδα φυσικής και ψυχολογικής ανθεκτικότητας. Κατά τη διάρκεια ενός αγώνα, οι ποδοσφαιριστές διανύουν κατά μέσο όρο 10 έως 13 χιλιόμετρα, ενώ περίπου το 10% των κινήσεων χαρακτηρίζεται από δραστηριότητες υψηλής έντασης, όπως σπριντ, επιταχύνσεις, αλλαγές κατεύθυνσης και άλματα (Mohr et al., 2003; Stølen et al., 2005). Η ικανότητα εκτέλεσης επαναλαμβανόμενων προσπάθειών υψηλής έντασης και η ταχύτητα αποκατάστασης μεταξύ αυτών αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες της αγωνιστικής επιτυχίας (Bangsbo et al., 2006). Οι Krusturp et al. (2003) ανέφεραν ότι οι ποδοσφαιριστές με υψηλή επίδοση στο τεστ Yo-Yo Intermittent Recovery (IR1) παρουσιάζουν μεγαλύτερη ανοχή στην κόπωση και διατηρούν υψηλό ρυθμό παιχνιδιού, στοιχείο που υπογραμμίζει τη σημασία της αερόβιας ικανότητας και της ταχείας αποκατάστασης.

Η αυξανόμενη ένταση και ταχύτητα του παιχνιδιού στις τελευταίες δεκαετίες έχει οδηγήσει στην ανάγκη για πιο στοχευμένα και επιστημονικά τεκμηριωμένα προγράμματα φυσικής προετοιμασίας. Η προπόνηση στο ποδόσφαιρο δεν μπορεί να περιορίζεται στη βελτίωση της αντοχής ή της δύναμης μεμονωμένα, αλλά πρέπει να στοχεύει στην ολοκληρωμένη ανάπτυξη των φυσιολογικών συστημάτων που υποστηρίζουν τις ενεργειακές απαιτήσεις του αθλήματος. Ο αερόβιος μεταβολισμός παρέχει το κύριο ενεργειακό υπόβαθρο για τη διάρκεια του αγώνα, ενώ τα αναερόβια συστήματα υποστηρίζουν σε μεγαλύτερο βαθμό τις εκρηκτικές ενέργειες και τις στιγμιαίες απαιτήσεις υψηλής έντασης (Bangsbo et al., 2006; Stølen et al., 2005). Η ενεργοποίηση αυτών των συστημάτων και η ικανότητα υποστήριξης όλων των ενεργειών καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την απόδοση και την ανθεκτικότητα του παίκτη κατά τη διάρκεια του αγώνα.

Η αερόβια ικανότητα, εκφρασμένη μέσω της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_2max), κυμαίνεται σε επαγγελματίες ποδοσφαιριστές μεταξύ 55 και 70 $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, ανάλογα με τη θέση και το επίπεδο φυσικής κατάστασης (Bangsbo et al., 2006). Υψηλότερες

τιμές VO_2max σχετίζονται με καλύτερη ανοχή στην κόπωση και ταχύτερη αποκατάσταση των αποθεμάτων φωσφοκρεατίνης (ATP-PCr), στοιχείο καθοριστικό για τη διατήρηση της έντασης του παιχνιδιού. Η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης (HIIT) και οι διαλειμματικές μέθοδοι έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικές για τη βελτίωση τόσο της καρδιοαναπνευστικής απόδοσης όσο και της ικανότητας επανάληψης σπριντ (Mohr et al., 2003). Αντίστοιχα, η αναερόβια ικανότητα, μέσω της Repeated Sprint Ability (RSA), αποτελεί κρίσιμο δείκτη απόδοσης, καθώς αντικατοπτρίζει την ικανότητα του ποδοσφαιριστή να εκτελεί επαναλαμβανόμενες προσπάθειες ταχύτητας με σύντομα διαλείμματα (Archiza et al., 2020; Rampinini et al., 2009). Πρωτόκολλα RSA και τεστ Wingate χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της ισχύος και της κόπωσης, παρέχοντας σημαντικές πληροφορίες για τη φυσιολογική κατάσταση και την προπονητική προσαρμογή (Buchheit et al., 2010, p. 201; Rampinini et al., 2007).

Οι προσαρμογές που προκαλεί η προπόνηση υψηλής έντασης είναι πολυεπίπεδες. Σε αερόβιο επίπεδο, παρατηρείται αύξηση του όγκου παλμού, της τριχοειδικής πυκνότητας και της μιτοχονδριακής δραστηριότητας, οδηγώντας σε βελτιωμένη οξυγόνωση και απομάκρυνση μεταβολιτών. Σε αναερόβιο επίπεδο, αυξάνονται τα αποθέματα φωσφοκρεατίνης, η ικανότητα ρυθμιστικής εξουδετέρωσης ιόντων υδρογόνου (H^+) και η μυϊκή ισχύς. Οι Datson et al. (2014) επισημαίνουν ότι σε νεαρούς αθλητές αυτές οι προσαρμογές διαφοροποιούνται σημαντικά ανάλογα με το στάδιο βιολογικής ωρίμανσης, γεγονός που καθιστά απαραίτητη την εξατομίκευση της προπόνησης ανάλογα με τη βιολογική ηλικία.

Η παιδική και η εφηβική ηλικία είναι περίοδοι έντονης βιολογικής και λειτουργικής μετάβασης. Κατά τη διάρκεια αυτών των φάσεων, ο οργανισμός υπόκειται σε σημαντικές ορμονικές, νευρομυϊκές και σκελετικές μεταβολές, οι οποίες καθορίζουν την απόκριση στην προπόνηση και την προδιάθεση για σωματική ανάπτυξη (Sannicandro et al., 2024; Tingelstad et al., 2023). Η πορεία ανάπτυξης των φυσικών ικανοτήτων δεν είναι γραμμική υπάρχουν συγκεκριμένες περίοδοι αυξημένης προσαρμοστικότητας, όπου η προπόνηση συγκεκριμένων ικανοτήτων, όπως ταχύτητα ή δύναμη, αποφέρει δυσανάλογα μεγαλύτερα αποτελέσματα (Lloyd & Oliver, 2012).

Στην ηλικία των 10–15 ετών, όταν η μετάβαση από την προεφηβεία στην εφηβεία συνοδεύεται από έντονες βιολογικές μεταβολές, η ικανότητα προσαρμογής του οργανισμού διαφοροποιείται έντονα μεταξύ των παιδιών. Αυτές οι διαφορές οφείλονται στη μη ταυτόχρονη πρόοδο της βιολογικής ωρίμανσης των συστημάτων του ανθρωπίνου οργανισμού, η οποία επιπλέον δεν συμπίπτει πάντοτε με την χρονολογική ηλικία. Παιδιά ίδιας ηλικίας μπορεί να βρίσκονται σε εντελώς διαφορετικά στάδια φυσιολογικής ανάπτυξης, γεγονός που επηρεάζει άμεσα τη μυϊκή μάζα, τη δύναμη, την αντοχή και την κινητική τους ικανότητα (Itoh & Hirose, 2020). Η χρήση αποκλειστικά της χρονολογικής ηλικίας για τον σχεδιασμό προγραμμάτων προπόνησης ή την επιλογή ταλέντων μπορεί επομένως να οδηγήσει σε εσφαλμένες εκτιμήσεις, ασυμμετρίες φυσικής κατάστασης και ψυχολογικές πιέσεις.

Η αξιολόγηση της βιολογικής ηλικίας μέσω εργαλείων όπως η χρονική απόσταση από την περίοδο του Μέγιστου Ρυθμού Αύξησης του ύψους (Peak Height Velocity, PHV) επιτρέπουν την αντικειμενική βιο-ομαδοποίηση των αθλητών, καθώς λαμβάνει υπόψη τον πραγματικό ρυθμό ανάπτυξης και όχι τη χρονολογική ηλικία. Ο συνδυασμός αυτής της πληροφορίας με εξατομικευμένα προπονητικά προγράμματα συμβάλλει στη μέγιστη αξιοποίηση των «παραθύρων προπονησιμότητας» και στη μείωση του κινδύνου τραυματισμών (Tingelstad et al., 2023).

Η ανάπτυξη των φυσικών ικανοτήτων εξαρτάται άμεσα από το στάδιο ωρίμανσης και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την προπονητική ανταπόκριση. Αθλητές που βρίσκονται σε προχωρημένο στάδιο βιολογικής ανάπτυξης παρουσιάζουν αυξημένη μυϊκή μάζα, υψηλότερη VO_{2max} και καλύτερη επίδοση σε δοκιμασίες σπριντ και δύναμης σε σχέση με συνομηλίκους που ωριμάζουν αργότερα (Mendez-Villanueva et al., 2010; Teixeira et al., 2015). Παρά ταύτα, η υπεροχή αυτή είναι συχνά προσωρινή και σχετίζεται με φυσιολογικά πλεονεκτήματα ανάπτυξης, όχι απαραίτητα την αθλητική ικανότητα (Romann & Cogley, 2015). Οι Malina και Beunen (2007) τονίζουν ότι η λανθασμένη ερμηνεία των εργομετρικών αποτελεσμάτων μπορεί να οδηγήσει σε πρώιμες επιλογές που ευνοούν τους πρόωρα ώριμους και αποκλείουν αδίκως τους αθλητές με καθυστερημένη βιολογική ανάπτυξη.

Η συσχέτιση της φυσικής κατάστασης με τη βιολογική ωρίμανση υπογραμμίζει τη σημασία ενός εξατομικευμένου και προοδευτικού σχεδιασμού. Μοντέλα όπως το Long-Term Athlete Development (LTAD) και το Youth Physical Development (YPD) προτείνουν προπόνηση προσαρμοσμένη στο βιολογικό στάδιο ανάπτυξης, με έμφαση στην ασφάλεια, στη σταδιακή επιβάρυνση και στην πολυδιάστατη βελτίωση των φυσικών και ψυχολογικών δεξιοτήτων (Lloyd et al., 2015).

Η έννοια της βιολογικής ωρίμανσης, και ιδιαίτερα η χρονική περίοδος του PHV, αποτελεί κεντρικό δείκτη της αναπτυξιακής πορείας. Κατά τη φάση αυτή, που αντιστοιχεί συνήθως στα 11–13 έτη για τα κορίτσια και στα 13–15 έτη για τα αγόρια, ο ρυθμός αύξησης του ύψους φτάνει τα 8–12 cm ετησίως και συνοδεύεται από έντονες ορμονικές μεταβολές. Η αυξημένη έκκριση αυξητικής ορμόνης (GH), ινσουλινοειδούς αυξητικού παράγοντα (IGF-1) και τεστοστερόνης επιφέρει σημαντική μυϊκή υπερτροφία, αύξηση της δύναμης και βελτίωση της εκρηκτικότητας (Retzepis et al., 2025). Αυτές οι φυσιολογικές αλλαγές προσφέρουν σημαντικό πλεονέκτημα στους πρόωρα ώριμους αθλητές, που διαθέτουν μεγαλύτερη σωματική μάζα, υψηλότερες τιμές $VO_2\max$ και καλύτερη απόδοση σε δοκιμασίες σπριντ ή άλματος (Malina et al., 2015; Teixeira et al., 2015).

Η επίδραση αυτή έχει αποτυπωθεί σε πληθώρα μελετών. Οι Mendez-Villanueva et al. (2010) έδειξαν ότι η μέγιστη αερόβια ταχύτητα και η ικανότητα σπριντ βελτιώνονται σημαντικά σε ποδοσφαιριστές που βρίσκονται κοντά ή αμέσως μετά το στάδιο PHV, ενώ οι Romann και Cobley (2015) τόνισαν ότι οι πρόωρα ώριμοι αθλητές υπερέχουν προσωρινά λόγω μεγαλύτερης μυϊκής δύναμης και αναερόβιας ικανότητας, χωρίς αυτό να αποτελεί εγγύηση για μακροπρόθεσμη υπεροχή. Αντίστοιχα, οι Teixeira et al. (2015) επιβεβαίωσαν ότι η βιολογική ηλικία συσχετίζεται θετικά με τη $VO_2\max$ και τις επιδόσεις στο τεστ Yo-Yo IR1, επιβεβαιώνοντας πως η ωρίμανση επηρεάζει άμεσα την αερόβια ικανότητα.

Η αξιολόγηση του ρυθμού ωρίμανσης πραγματοποιείται συνήθως μέσω ανθρωπομετρικών μετρήσεων και μαθηματικών εξισώσεων, όπως εκείνης των Mirwald et al. (Mirwald et al., 2002), που εκτιμά τη χρονική απόσταση από την PHV βάσει ηλικίας, ύψους, βάρους και καθιστού ύψους. Η μέθοδος αυτή, αν και εύκολη στην εφαρμογή, εμφανίζει σφάλμα $\pm 0,5$ –1 έτος, ιδίως σε πρώιμα ή καθυστερημένα ώριμους αθλητές. Νεότερες

προσεγγίσεις, όπως των Moore et al. (2015) και Fransen et al. (2018), αξιοποιούν πολυπαραγοντικά μοντέλα για βελτίωση της ακρίβειας, ενώ πιο εξειδικευμένες μέθοδοι, όπως η αξιολόγηση της σκελετικής ηλικίας (μέθοδοι Greulich–Pyle ή Tanner–Whitehouse) και οι τεχνικές μαγνητικής τομογραφίας και απορροφησιομετρίας ακτινών Χ διπλής ενέργειας, θεωρούνται οι πιο έγκυρες, αν και απαιτούν ιατρικό εξοπλισμό και εξειδικευμένο προσωπικό.

Η ενσωμάτωση αυτών των δεικτών στη διαδικασία αξιολόγησης επιτρέπει τη δίκαιη σύγκριση παιδιών διαφορετικών σταδίων ανάπτυξης και τον ορθό προγραμματισμό της προπόνησης. Οι πιο ώριμοι σκελετικά αθλητές δεν θα πρέπει να θεωρούνται εξ ορισμού πιο ταλαντούχοι, αλλά να αξιολογούνται μέσα στο πλαίσιο της φυσιολογικής τους εξέλιξης. Αυτό το πρίσμα προσφέρει μια πιο ρεαλιστική εικόνα των πραγματικών προοπτικών κάθε νεαρού ποδοσφαιριστή και μειώνει τον κίνδυνο λανθασμένων επιλογών.

Αντίστοιχα, η διεθνής βιβλιογραφία έχει αναδείξει τη στενή σχέση μεταξύ ωρίμανσης και φυσικής κατάστασης μέσα από συγκριτικές μελέτες σε διαφορετικά ηλικιακά γκρουπ. Οι Deprez et al. (2012) παρατήρησαν ότι παίκτες που είχαν γεννηθεί στο πρώτο τεταρτημόριο του έτους εμφάνιζαν καλύτερες επιδόσεις στο Yo-Yo IR1 και υψηλότερες τιμές VO_2max , γεγονός που υποδηλώνει τη συνύπαρξη του φαινομένου της σχετικής ηλικιακής επίδρασης (Relative Age Effect – RAE) με τη βιολογική ωρίμανση. Οι Gil et al. (2014) κατέγραψαν παρόμοια ευρήματα σε νεαρούς ποδοσφαιριστές 12–14 ετών, όπου οι πρόωρα ώριμοι υπερείχαν σε τεστ δύναμης, ταχύτητας και αναερόβιας ισχύος, χωρίς όμως αυτή η υπεροχή να συνδέεται με πραγματικό ταλέντο. Πιο πρόσφατα, οι Bidaurrezaga-Letona et al. (2019) επιβεβαίωσαν ότι η βιολογική ηλικία αποτελεί ισχυρότερο προγνωστικό παράγοντα της απόδοσης σε δοκιμασίες ισχύος, ταχύτητας και αντοχής σε σύγκριση με τη χρονολογική.

Η συγκεντρωτική ανάλυση αυτών των ερευνών καταδεικνύει πως η φυσική κατάσταση των νεαρών ποδοσφαιριστών εξαρτάται περισσότερο από τη φάση ωρίμανσης παρά από την ηλικία τους, γεγονός που αναδεικνύει την ανάγκη για πολυπαραγοντική αξιολόγηση. Πέρα από τις καθαρά φυσιολογικές παραμέτρους, πρέπει να συνυπολογίζονται και κοινωνικοψυχολογικοί παράγοντες, καθώς η πρόωρη ωρίμανση συνδέεται συχνά με μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση, καλύτερη κοινωνική θέση μέσα στην ομάδα και αυξημένες

ευκαιρίες εξέλιξης. Αυτή η δυναμική ενισχύει το λεγόμενο «πρώιμο πλεονέκτημα», το οποίο μπορεί να επηρεάσει την αθλητική πορεία ενός παιδιού σε βάθος χρόνου, ανεξάρτητα από το έμφυτο δυναμικό του (Parry et al., 2024).

Παρά τη σημαντική πρόοδο στην κατανόηση των βιολογικών παραγόντων που επηρεάζουν την ανάπτυξη, η ερευνητική κοινότητα συνεχίζει να αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις. Η αξιολόγηση της ωρίμανσης συχνά αγνοείται στην πράξη, με αποτέλεσμα οι προπονητές να βασίζονται αποκλειστικά σε τεστ απόδοσης που δεν λαμβάνουν υπόψη την ηλικιακή ετερογένεια (Malina et al., 2015). Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε υπερεκτίμηση των πιο ώριμων και υποεκτίμηση των καθυστερημένων αθλητών. Επιπλέον, η περιορισμένη εκπαίδευση των προπονητών ως προς την ανάπτυξη και την ανατομική διαφοροποίηση των παιδιών επιτείνει την αναντιστοιχία ανάμεσα στη θεωρητική γνώση και στην εφαρμογή της.

Η βιβλιογραφία των τελευταίων ετών (Lloyd & Oliver, 2012; Slimani & Nikolaidis, 2018) επισημαίνει ότι η αξιολόγηση των νεαρών ποδοσφαιριστών πρέπει να είναι πολυδιάστατη, συνδυάζοντας φυσιολογικές, κινητικές, ψυχολογικές και αναπτυξιακές παραμέτρους. Η συστηματική καταγραφή της PHV, η αξιοποίηση της ημερομηνίας γέννησης ανά τεταρτημόριο του έτους και η διαχρονική παρακολούθηση επιτρέπουν την ορθότερη ερμηνεία των δεδομένων και την πρόληψη σφαλμάτων κατά την επιλογή ταλέντων (Cumming et al., 2018). Παράλληλα, προτείνονται προγράμματα επιμόρφωσης των προπονητών (Vaeyens et al., 2008), ώστε να γεφυρωθεί το χάσμα θεωρίας και πράξης.

Η σύγχρονη έρευνα κινείται πλέον προς την ανάπτυξη πρακτικά εφαρμόσιμων μοντέλων πεδίου, τα οποία ενσωματώνουν τη βιολογική ωρίμανση και την εξατομίκευση στο προπονητικό πλαίσιο (Arenas et al., 2025; Retzepis et al., 2025). Αυτά τα μοντέλα προτείνουν απλά και αξιόπιστα εργαλεία αξιολόγησης, εύχρηστα από προπονητές χωρίς εξειδικευμένο εξοπλισμό, με στόχο να αποτυπώνεται η πραγματική πορεία ανάπτυξης και όχι ένα στιγμιαίο αποτέλεσμα επίδοσης. Ο απώτερος σκοπός δεν είναι απλώς η πρόβλεψη ταλέντων, αλλά η υποστήριξη μιας ασφαλούς και εποικοδομητικής αθλητικής ανάπτυξης που λαμβάνει υπόψη την ατομικότητα κάθε παιδιού (Figueiredo et al., 2009).

Παρόλα αυτά, η υπάρχουσα γνώση εξακολουθεί να παρουσιάζει ορισμένα κρίσιμα κενά. Πολλές μελέτες επικεντρώνονται σε εργομετρικά τεστ όπως το Yo-Yo IR1 ή η RSA,

παραβλέποντας γνωστικούς και ψυχολογικούς παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση (Murr et al., 2018). Η έλλειψη πολυπαραγοντικής προσέγγισης περιορίζει την κατανόηση της ολικής ανάπτυξης των νεαρών αθλητών. Επιπλέον, υπάρχει ασυνέπεια στις μεθοδολογίες αξιολόγησης της ωρίμανσης οι μέθοδοι σκελετικής ηλικίας, PHV και Mirwald χρησιμοποιούνται με διαφορετικά κριτήρια, δημιουργώντας αποκλίσεις έως 0.9 έτη σε πρώιμα ή καθυστερημένα στάδια (R. M. Malina & Koziel, 2014; Monasterio et al., 2024).

Η επιστημονική προσέγγιση της φυσικής κατάστασης έχει ήδη διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στη βελτίωση της απόδοσης στα επαγγελματικά ποδοσφαιρικά σωματεία. Οι ομάδες εφαρμόζουν πλέον πολυπαραγοντικά πρωτόκολλα αξιολόγησης που περιλαμβάνουν αξιολογήσεις αντοχής, ταχύτητας, δύναμης και ευκινησίας, όπως τα Yo-Yo Intermittent Recovery και κατακόρυφα άλματα (Turner et al., 2011). Παράλληλα, η τεχνολογία GPS και η επιταχυνσιομετρία καταγράφουν δεδομένα πραγματικού χρόνου για αποστάσεις, σπριντ και επιταχύνσεις, επιτρέποντας τη λεπτομερή ανάλυση του αγωνιστικού φορτίου (Buchheit et al., 2012). Τα δεδομένα αυτά καθοδηγούν τη ρύθμιση της έντασης και της ποσότητας προπόνησης, μειώνοντας τον κίνδυνο υπερβολικής επιβάρυνσης και τραυματισμών.

1.1. Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να εξετάσει την επίδραση της χρονολογικής ηλικίας και της βιολογικής ωρίμανσης στην αντοχή νεαρών ποδοσφαιριστών. Παράλληλα, διερευνάται κατά πόσο οι διαφορετικές ηλικιακές ομάδες (10–15 ετών) και τα επίπεδα ωρίμανσης επηρεάζουν την απόδοση σε δοκιμασίες αντοχής και ταχύτητας. Η έρευνα αποσκοπεί στην παροχή πρακτικών δεδομένων για τη βελτιστοποίηση της προπόνησης στις αναπτυξιακές ηλικίες, με έμφαση στην εξατομίκευση βάσει του ρυθμού ανάπτυξης κάθε αθλητή.

1.2. Σημασία της έρευνας

Η σημασία της παρούσας έρευνας έγκειται στο ότι διευκρινίζει, με πρακτικούς όρους, τον βαθμό στον οποίο η χρονολογική ηλικία και η βιολογική ωρίμανση επηρεάζουν την

αντοχή και συναφείς δείκτες απόδοσης σε νεαρούς ποδοσφαιριστές 10–15 ετών. Δεδομένης της έντονης αναπτυξιακής ετερογένειας σε αυτές τις ηλικίες, η συνεκτίμηση δεικτών ωρίμανσης (π.χ. PHV μέσω της εξίσωσης Mirwald) είναι κρίσιμη για την ορθή ερμηνεία των αποτελεσμάτων σε δοκιμασίες όπως το Yo-Yo IR1 και η RSA και για την αποφυγή συγκρίσεων που ευνοούν συστηματικά τους πρόωρα ώριμους αθλητές. Κατ' επέκταση, τα ευρήματα μπορούν να υποστηρίξουν πιο εξατομικευμένο σχεδιασμό προπόνησης και δικαιότερες διαδικασίες αξιολόγησης και επιλογής, με στόχο μια ασφαλή και βιώσιμη αθλητική ανάπτυξη.

1.3. Ερευνητικές υποθέσεις

Μηδενική υπόθεση (H_0): Δεν θα υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση της ηλικίας και της βιολογικής ωρίμανσης στην αντοχή και στην απόδοση των νεαρών ποδοσφαιριστών.

Εναλλακτική υπόθεση (H_1): Θα υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση της ηλικίας και της βιολογικής ωρίμανσης στην αντοχή και στην απόδοση των νεαρών ποδοσφαιριστών.

1.4. Οριοθετήσεις και περιορισμοί της μελέτης

Η μελέτη συμπεριέλαβε 61 αγόρια ηλικίας 10–15 ετών από ακαδημίες ποδοσφαίρου, με τουλάχιστον δύο έτη προπονητικής εμπειρίας. Το ερευνητικό πλαίσιο οριοθετήθηκε στην αξιολόγηση δεικτών φυσικής κατάστασης μέσω των δοκιμασιών Yo-Yo IR1 και RSA, ενώ η βιολογική ωρίμανση εκτιμήθηκε με την εξίσωση των Mirwald et al. (2002).

Ως προς τους περιορισμούς, η απουσία κοριτσιών περιορίζει τη δυνατότητα γενίκευσης των ευρημάτων σε μικτούς ή γυναικείου πληθυσμούς. Επιπλέον, ο σχεδιασμός δεν περιέλαβε διαχρονική παρακολούθηση, συνεπώς τα αποτελέσματα δεν μπορούν να τεκμηριώσουν μεταβολές σε βάθος χρόνου ούτε επιτρέπουν αιτιώδεις ερμηνείες. Τέλος, δεν ελέγχθηκαν δυνητικοί συγχυτικοί παράγοντες (π.χ. διατροφικές πρακτικές και ψυχολογική κατάσταση) που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την απόδοση στις δοκιμασίες και, κατ' επέκταση, την καθαρότητα των συμπερασμάτων.

1.5. Ορισμοί και συντομογραφίες

Για την πληρέστερη κατανόηση του περιεχομένου, παρατίθενται οι βασικοί όροι και συντομογραφίες που χρησιμοποιούνται στη μελέτη:

- PHV: Σημείο μέγιστης αύξησης ύψους- δείκτης βιολογικής ωρίμανσης.
- RSA: Ικανότητα εκτέλεσης επαναλαμβανόμενων σπριντ.
- Yo-Yo IR1: Δοκιμασία εκτίμησης αερόβιας αντοχής σε διαλειμματικές συνθήκες.
- VO_2max : Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, δείκτης καρδιοαναπνευστικής απόδοσης.
- RAE: Επίδραση σχετικής ηλικίας, δηλαδή πλεονέκτημα αθλητών γεννημένων νωρίτερα στο έτος.
- LTAD: Μακροπρόθεσμο μοντέλο ανάπτυξης αθλητών βάσει ωρίμανσης.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1. Πειραματικός σχεδιασμός

Σε συνάντηση της ακαδημίας ποδοσφαίρου τα παιδιά και οι κηδεμόνες τους ενημερώθηκαν για τις διαδικασίες της μελέτης, καθώς και για τα οφέλη και τους πιθανούς κινδύνους. Έπειτα, οι κηδεμόνες που το επιθυμούσαν παρείχαν την έγγραφη συναίνεσή τους για τη συμμετοχή στη μελέτη. Στους συμμετέχοντες πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών (βάρος, ύψος, ποσοστό λίπους), αντοχής [Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 (Yo-Yo IR1)], βιολογικής ωρίμανσης (με χρήση εξίσωσης πρόβλεψης) και ικανότητας εκτέλεσης επαναλαμβανόμενων σπριντ [Repeated Sprint Ability (RSA)]. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις γηπεδικές εγκαταστάσεις της κάθε ακαδημίας, σε προγραμματισμένα ραντεβού. Οι ποδοσφαιριστές ακολούθησαν το συνηθισμένο προπονητικό τους πρόγραμμα, με εξαίρεση τις ημέρες κατά τις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις. Κατά την πρώτη επίσκεψη πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών και της βιολογικής ωρίμανσης. Κατά τη δεύτερη επίσκεψη πραγματοποιήθηκε η εξοικείωση με το τεστ αξιολόγησης της αντοχής. Κατά την τρίτη επίσκεψη πραγματοποιήθηκε η κύρια αξιολόγηση της αντοχής, ενώ κατά την τέταρτη επίσκεψη πραγματοποιήθηκε η αξιολόγηση της ικανότητας εκτέλεσης επαναλαμβανόμενων σπριντ. Κάθε επίσκεψη πραγματοποιήθηκε με μεσοδιάστημα 24–48 ωρών. Κατά τη διάρκεια του τεστ αντοχής καταγράφηκε επίσης η μέγιστη καρδιακή συχνότητα.

2.2. Δείγμα

Στη μελέτη συμμετείχαν συνολικά 61 νεαροί ποδοσφαιριστές, οι οποίοι κατανεμήθηκαν στις ακόλουθες ηλικιακές ομάδες (ΗΟ): ΗΟ10–12 (N= 28), ΗΟ12–13 (N= 21), ΗΟ13+ (N= 12). Για να ενταχθούν στη μελέτη, οι συμμετέχοντες έπρεπε να πληρούν τα ακόλουθα κριτήρια ένταξης:

- Νεαροί άνδρες ποδοσφαιριστές 10-15 ετών.
- Εγγεγραμμένοι σε ακαδημία ποδοσφαίρου.
- Προπονητική εμπειρία τουλάχιστον 2 έτη.

- Απουσία μυοσκελετικού ή οποιουδήποτε άλλου νοσήματος.
- Αποχή από την λήψη φαρμάκων ή διατροφικών συμπληρωμάτων.

2.3. Μετρήσεις

2.3.1. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά

Το ύψος και το σωματικό βάρος των συμμετεχόντων αξιολογήθηκαν με τη χρήση αναλυτικού ηλεκτρονικού ζυγού και αναστημόμετρου (seca 769, seca GmbH & Co. KG, Hamburg, Germany). Το ποσοστό σωματικού λίπους (%) εκτιμήθηκε με δερματοπτυχόμετρο Harpenden (Harpenden Skinfold Caliper, British Indicators, Burgess Hill, West Sussex, United Kingdom) μέσω μέτρησης δύο δερματοπτυχών (δερματοπτυχή τρικέφαλου και υποπλάτιου). Για τον υπολογισμό του % λίπους εφαρμόστηκαν οι εξισώσεις των Slaughter et al. (1988) για αγόρια/παιδιά–εφήβους, με βάση το άθροισμα των δύο δερματοπτυχών όπως ορίζονται παρακάτω:

Σύνολο Δερματικών Πτυχών (ΣΔΠ) = Τρικέφαλος (mm) + Υποπλάτιος (mm)

Αν $\Sigma\Delta\P \leq 35$ mm: $\% \text{Λίπος} = 1,21 \cdot \Sigma\Delta\P - 0,008 \cdot (\Sigma\Delta\P)^2 - 1,7$

Αν $\Sigma\Delta\P > 35$ mm: $\% \text{Λίπος} = 0,783 \cdot \Sigma\Delta\P + 1,6$

2.3.2. Βιολογική ωρίμανση

Το επίπεδο βιολογικής ωρίμανσης αξιολογήθηκε μέσω εξίσωσης παλινδρόμησης (Mirwald et al., 2002). Χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις της ηλικίας, του σωματικού βάρους και του ύψους από όρθια και καθιστή θέση, προκειμένου να υπολογιστεί η χρονική απόσταση από τη χρονική στιγμή μέγιστης αύξησης του ύψους (peak height velocity, PHV). Η εξίσωση που εφαρμόστηκε ήταν:

Maturity offset = $-9,236 + 0,0002708 \times (\text{Leg length} \times \text{Sitting height}) - 0,001663 \times (\text{Age} \times \text{Leg length}) + 0,007216 \times (\text{Age} \times \text{Sitting height}) + 0,02292 \times (\text{Weight/Height})$.

2.3.3 Αερόβια αντοχή

Το επίπεδο αντοχής αξιολογήθηκε με τη δοκιμασία Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 (Yo-Yo IR1). Το τεστ περιλάμβανε παλίνδρομο τρέξιμο 2 × 20 μέτρων αυξανόμενης έντασης, με διαλείμματα 10 δευτερολέπτων εντός ζώνης αποκατάστασης 5 μέτρων. Η διάρκεια του τεστ ήταν 5–15 λεπτά, ανάλογα με το επίπεδο του αθλητή. Η ένταση του τεστ ελεγχόταν με ηχητικά μηνύματα. Τα συνολικά μέτρα που κάλυψε ο αθλητής αποτέλεσαν το αποτέλεσμα του τεστ. Η δοκιμασία τερματίστηκε εάν: (1) ο αθλητής δεν μπορούσε να ακολουθήσει τον ρυθμό των ηχητικών μηνυμάτων ή (2) δεν μπορούσε να συνεχίσει λόγω κόπωσης.

2.3.4. Ικανότητα εκτέλεσης επαναλαμβανόμενων σπριντ (RSA)

Η ικανότητα εκτέλεσης επαναλαμβανόμενων σπριντ αξιολογήθηκε με τη χρήση φωτοκυττάρων. Το πρωτόκολλο περιλάμβανε 5 σπριντ των 30 μέτρων, με διάλειμμα 25 δευτερολέπτων μεταξύ των προσπαθειών. Ο δείκτης RSA υπολογίστηκε με βάση την παρακάτω φόρμουλα: (τελευταίο σπριντ – γρηγορότερο σπριντ) / (γρηγορότερο σπριντ) × 100%.

2.3.5. Μέγιστη καρδιακή συχνότητα

Η μέγιστη καρδιακή συχνότητα κατά τη διάρκεια του Yo-Yo IR1 καταγράφηκε με τη χρήση καρδιοσυχνομέτρων Polar Team2 (Finland).

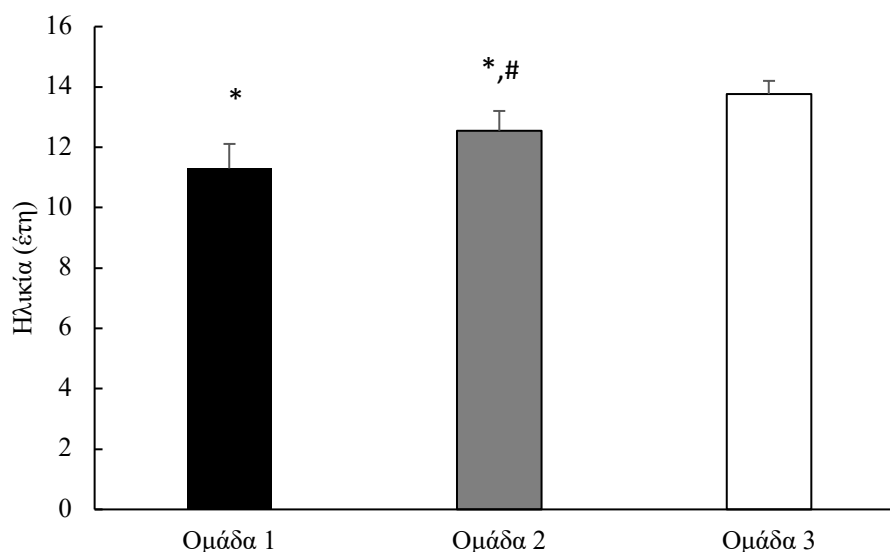
2.4. Στατιστική Ανάλυση

Για να διερευνηθεί η επίδραση της ηλικίας και της ωρίμανσης στην αντοχή και απόδοση νεαρών ποδοσφαιριστών ανάμεσα στις διαφορετικές ηλικιακές ομάδες χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (one-way ANOVA). Επιμέρους διαφορές μεταξύ των διαφορετικών ομάδων εξετάστηκαν με τη διόρθωση Bonferroni. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο 0,05.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Ηλικία

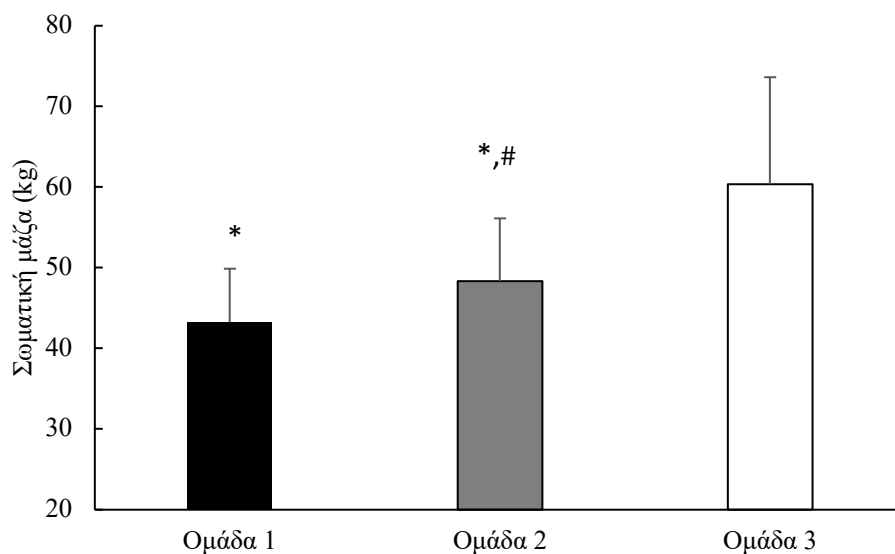
Από την ανάλυση διακύμανσης ενός παράγοντα (one-way ANOVA) μεταξύ τριών ομάδων, προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς την ηλικία των συμμετεχόντων, $[F(2, 58) = 55,52, p < 0,001]$. Η ανάλυση πολλαπλών συγκρίσεων με τη μέθοδο Bonferroni έδειξε ότι η Ομάδα 3 ήταν σημαντικά μεγαλύτερη ηλικιακά από την Ομάδα 2 (μέση διαφορά = 1,22 έτη, $\approx 9,70\%$) και από την Ομάδα 1 (μέση διαφορά = 2,47 έτη, $\approx 21,82\%$), ενώ η Ομάδα 2 ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από την Ομάδα 1 (μέση διαφορά = 1,25 έτη, $\approx 11,04\%$). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της ηλικίας μεταξύ των 3 ομάδων. Με * παρουσιάζεται η στατιστικά σημαντική διαφορά με την ομάδα 3 και με # οι στατιστικά σημαντικές διαφορές με την ομάδα 1

3.2. Σωματική μάζα

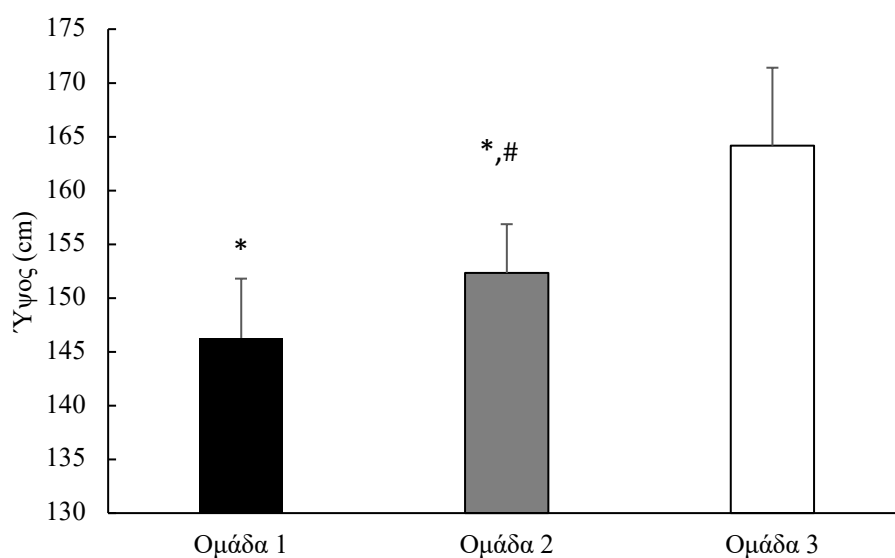
Από την ανάλυση διακύμανσης ενός παράγοντα μεταξύ τριών ομάδων, προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς το ύψος των συμμετεχόντων, [$F(2, 58) = 43,133$, $p < 0,001$]. Η ανάλυση πολλαπλών συγκρίσεων με τη μέθοδο Bonferroni έδειξε ότι η Ομάδα 3 είχε στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο βάρος τόσο σε σχέση με την Ομάδα 2 (μέση διαφορά = 11,83 cm, $\approx 7,77\%$) όσο και με την Ομάδα 1 (μέση διαφορά = 17,88 cm, $\approx 12,22\%$). Επιπλέον, το βάρος της Ομάδας 2 ήταν σημαντικά ψηλότερο από την Ομάδα 1 (μέση διαφορά = 6,05 cm, $\approx 4,13\%$). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 2.



Σχήμα 2. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της σωματικής μάζας μεταξύ των 3 ομάδων. Με * παρουσιάζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές με την ομάδα 3 και με # οι στατιστικά σημαντικές διαφορές με την ομάδα 1.

3.3. Ύψος

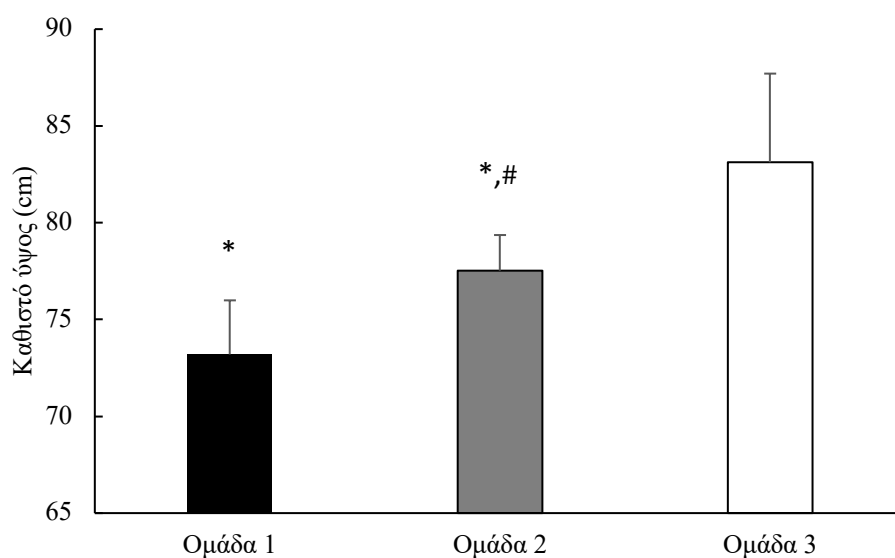
Από την ανάλυση διακύμανσης ενός παράγοντα (one-way ANOVA) προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς το ύψος των συμμετεχόντων, $[F(2, 58) = 43,133, p < 0,001]$. Η ανάλυση πολλαπλών συγκρίσεων με τη μέθοδο Bonferroni έδειξε ότι η Ομάδα 3 ήταν σημαντικά ψηλότερη από την Ομάδα 2 (μέση διαφορά = 11,83 cm, $\approx 7,77\%$) και από την Ομάδα 1 (μέση διαφορά = 17,88 cm, $\approx 12,22\%$), ενώ η Ομάδα 2 ήταν σημαντικά ψηλότερη από την Ομάδα 1 (μέση διαφορά = 6,05 cm, $\approx 4,13\%$). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 3.



Σχήμα 3. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης του ύψους μεταξύ των 3 ομάδων. Με * παρουσιάζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές έναντι της Ομάδας 3 και με # οι στατιστικά σημαντικές διαφορές έναντι της Ομάδας 1.

3.4. Καθιστό ύψος

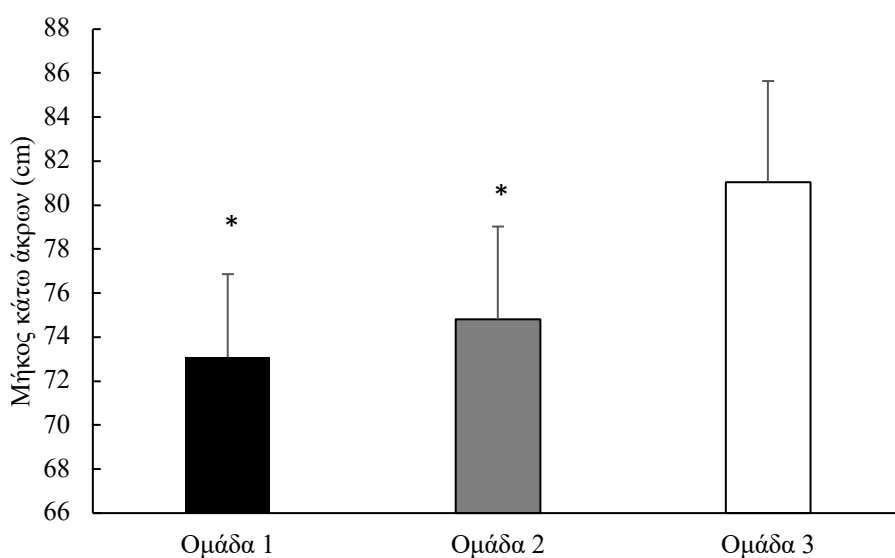
Από την ανάλυση διακύμανσης ενός παράγοντα (one-way ANOVA) μεταξύ τριών ομάδων, προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς το καθιστό ύψος, $[F(2, 58)=48,607, p<0,001]$. Η ανάλυση πολλαπλών συγκρίσεων με τη μέθοδο Bonferroni έδειξε ότι η Ομάδα 3 είχε σημαντικά μεγαλύτερο καθιστό ύψος σε σύγκριση με την Ομάδα 2 (μέση διαφορά = 5,60 cm, $\approx 7,22\%$) και την Ομάδα 1 (μέση διαφορά = 9,93 cm, $\approx 13,56\%$), ενώ η Ομάδα 2 υπερέβαινε σημαντικά την Ομάδα 1 (μέση διαφορά = 4,33 cm, $\approx 5,91\%$). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.



Σχήμα 4. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης του καθιστού ύψους μεταξύ των 3 ομάδων. Με * παρουσιάζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές έναντι της Ομάδας 3 και με # οι στατιστικά σημαντικές διαφορές έναντι της Ομάδας 1.

3.5. Μήκος κάτω άκρων

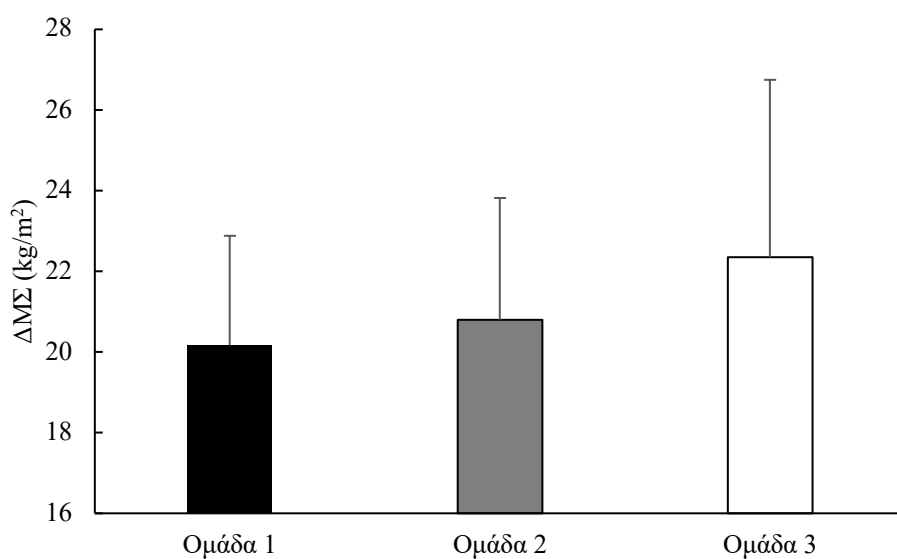
Από την ανάλυση διακύμανσης ενός παράγοντα (one-way ANOVA) μεταξύ τριών ομάδων, προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς το μήκος κάτω άκρου, [$F(2, 58)=16,015$, $p<0,001$]. Η ανάλυση πολλαπλών συγκρίσεων με τη μέθοδο Bonferroni έδειξε ότι η Ομάδα 3 είχε σημαντικά μεγαλύτερο μήκος κάτω άκρου σε σύγκριση με την Ομάδα 1 (μέση διαφορά = 7,95 cm, $\approx 10,88\%$) και την Ομάδα 2 (μέση διαφορά = 6,23 cm, $\approx 8,33\%$). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 5.



Σχήμα 5. Γραφική απεικόνιση του μήκους κάτω άκρου μεταξύ των 3 ομάδων. Με * παρουσιάζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές έναντι της Ομάδας 3.

3.6. Δείκτης μάζας σώματος

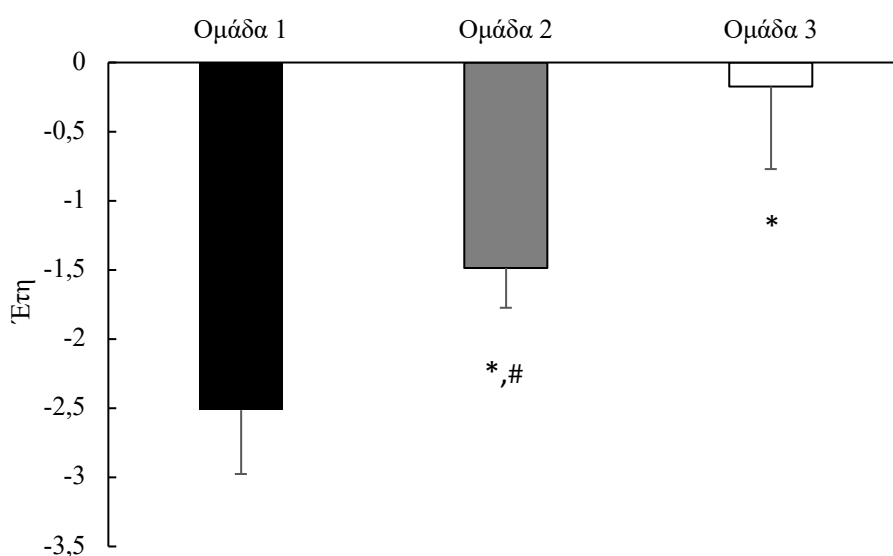
Από την ανάλυση διακύμανσης ενός παράγοντα (one-way ANOVA) μεταξύ τριών ομάδων, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς τον δείκτη μάζας σώματος, $[F(2, 58) = 1,956, p = 0,151]$. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 6.



Σχήμα 6. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης του Δείκτη Μάζας Σώματος μεταξύ των 3 ομάδων.

3.7. Χρονική απόσταση από τον μέγιστο ρυθμό ανάπτυξης ύψους

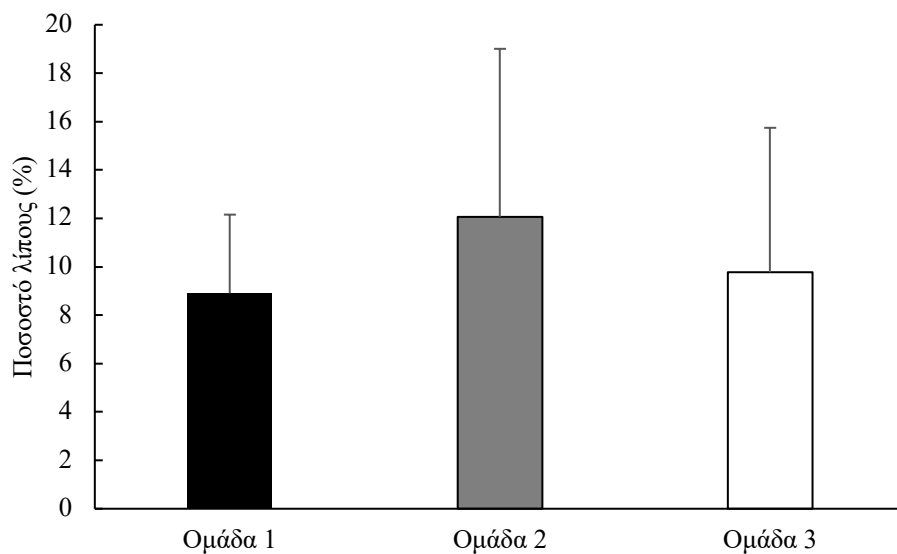
Από την ανάλυση διακύμανσης ενός παράγοντα (one-way ANOVA) μεταξύ τριών ομάδων, προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς τη βιολογική ωρίμανση maturity offset, $[F(2, 58) = 121,525, p < 0,001]$. Η ανάλυση πολλαπλών συγκρίσεων με τη μέθοδο Bonferroni έδειξε ότι η Ομάδα 3 είχε σημαντικά υψηλότερη τιμή σε σύγκριση με την Ομάδα 2 (μέση διαφορά = 1,31 έτη, $\approx 88,31\%$) και την Ομάδα 1 (μέση διαφορά = 2,34 έτη, $\approx 93,09\%$), ενώ και η Ομάδα 2 υπερείχε σημαντικά της Ομάδας 1 (μέση διαφορά = 1,03 έτη, $\approx 40,89\%$). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 7.



Σχήμα 7. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της χρονικής απόστασης από τον Μέγιστο ρυθμό ανάπτυξης ύψους μεταξύ των 3 ομάδων. Με * παρουσιάζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές με την Ομάδα 3 και με # οι στατιστικά σημαντικές διαφορές με την Ομάδα 1.

3.8. Ποσοστό λίπους

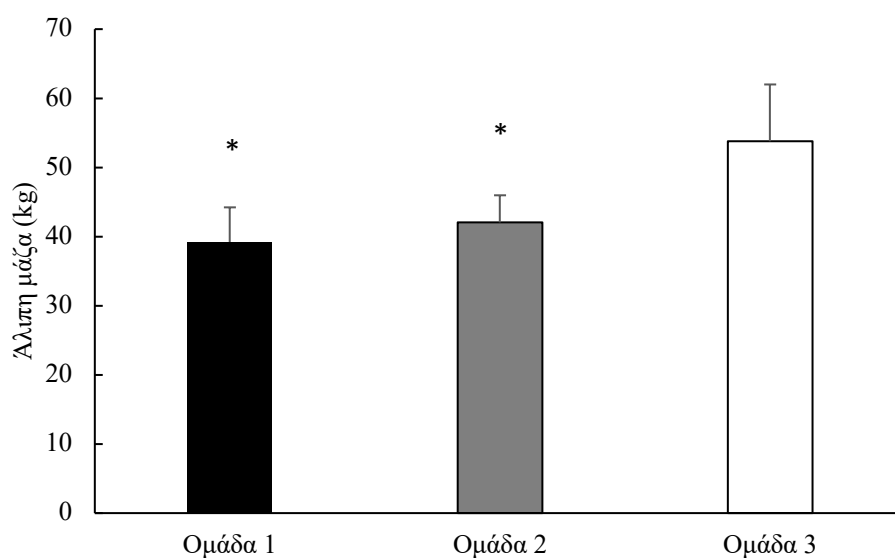
Από την ανάλυση διακύμανσης ενός παράγοντα (one-way ANOVA) μεταξύ τριών ομάδων, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς το ποσοστό σωματικού λίπους, $[F(2, 58) = 2,153, p = 0,125]$. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 8.



Σχήμα 8. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης του ποσοστού σωματικού λίπους μεταξύ των 3 ομάδων.

3.9. Άλιπη μάζα

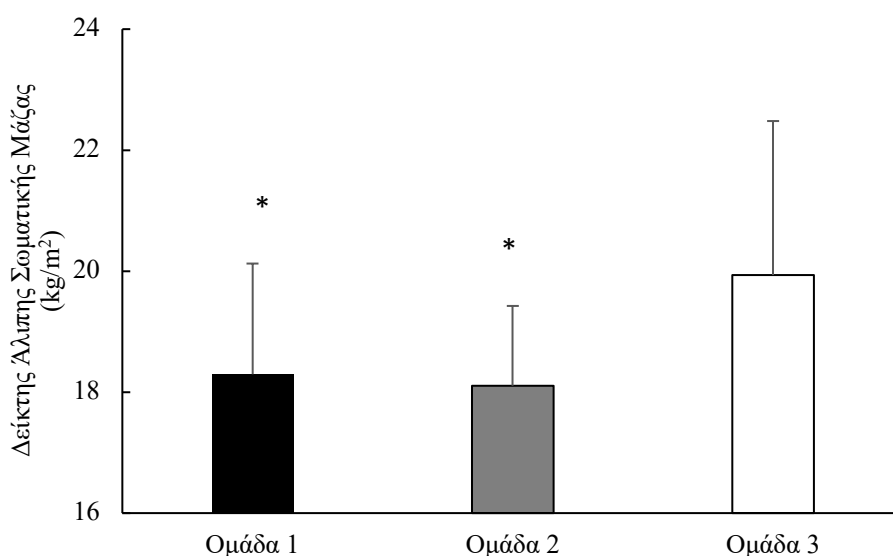
Από την ανάλυση διακύμανσης ενός παράγοντα (one-way ANOVA) μεταξύ τριών ομάδων, προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς την άλιπη μάζα σώματος, [$F(2, 58) = 30,503$, $p < 0,001$]. Η ανάλυση πολλαπλών συγκρίσεων με τη μέθοδο Bonferroni ανέδειξε στατιστικά σημαντικά υψηλότερες τιμές στην Ομάδα 3 σε σύγκριση με την Ομάδα 1 (μέση διαφορά = 14,57 kg, $\approx 37,17\%$) και την Ομάδα 2 (μέση διαφορά = 11,73 kg, $\approx 27,90\%$). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 9.



Σχήμα 9. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της άλιπης μάζας σώματος μεταξύ των 3 ομάδων. Με * παρουσιάζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές με την ομάδα 3.

3.10. Δείκτης άλιπης σωματικής μάζας

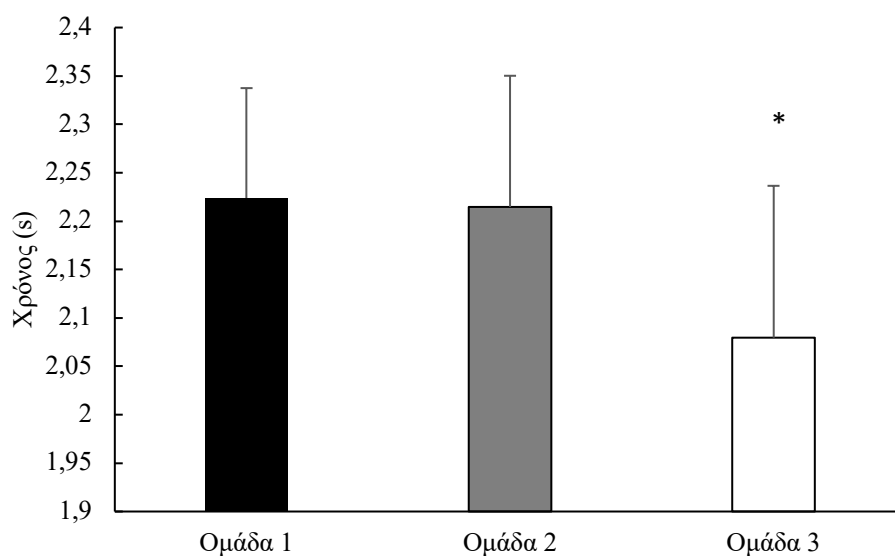
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (one-way ANOVA) για τον Δείκτη Άλιπης Μάζας Σώματος (FFMI) μεταξύ τριών ομάδων, προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά, $[F(2, 58) = 6,754, p = 0,002]$. Η ανάλυση πολλαπλών συγκρίσεων με τη μέθοδο Bonferroni ανέδειξε στατιστικά σημαντικά υψηλότερες τιμές FFMI στην Ομάδα 3 σε σύγκριση με την Ομάδα 1 (μέση διαφορά = 1,64 μονάδες, +8,96%) και την Ομάδα 2 (μέση διαφορά = 1,83 μονάδες, +10,11%). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 10.



Σχήμα 10. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης του δείκτη άλιπης μάζας σώματος (FFMI) μεταξύ των 3 ομάδων. Με * παρουσιάζονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές με την ομάδα 3.

3.11. Μέση επίδοση στη δοκιμασία σπριντ 10 μέτρων

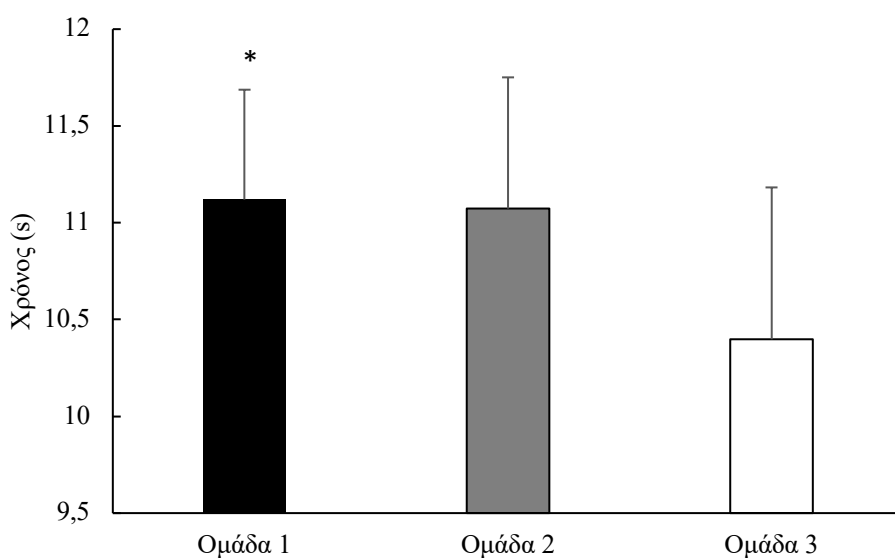
Από την ανάλυση διακύμανσης ενός παράγοντα (one-way ANOVA) για τον μέσο χρόνο εκτέλεσης στα 10 μέτρα μεταξύ τριών ομάδων, προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά, $F(2, 36) = 4,381$, $p = 0,02$. Η ανάλυση πολλαπλών συγκρίσεων με τη μέθοδο Bonferroni ανέδειξε στατιστικά σημαντικά υψηλότερους χρόνους στην Ομάδα 1 σε σύγκριση με την Ομάδα 3 ($\Delta = 0,144$ s, +6,94%). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 11.



Σχήμα 11. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της μέσης επίδοσης στα 10 μέτρα σπριντ μεταξύ των 3 ομάδων. Με * παρουσιάζεται η στατιστικά σημαντική διαφορά της Ομάδας 1 σε σχέση με την Ομάδα 3.

3.12. Συνολικός χρόνος των 5 sprint 10 μέτρων

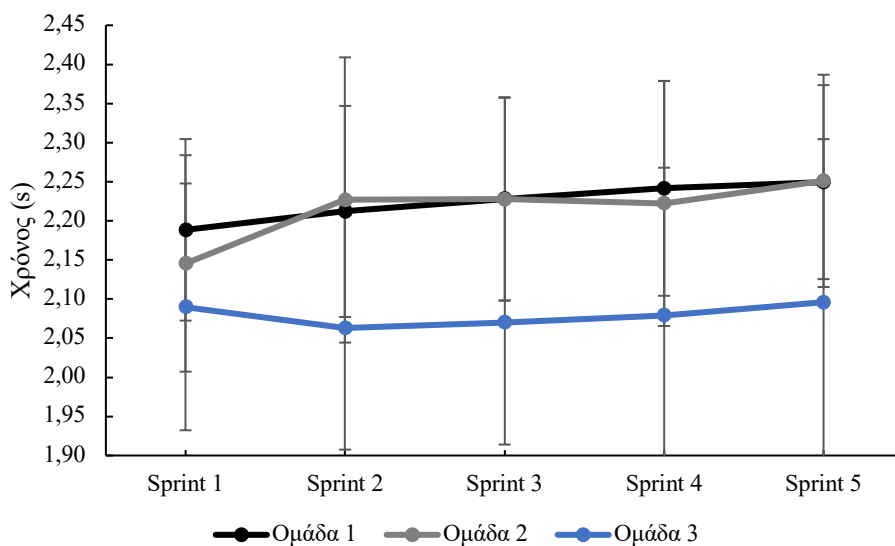
Από την ανάλυση διακύμανσης ενός παράγοντα (one-way ANOVA) για τον συνολικό χρόνο εκτέλεσης πέντε σπριντ 10 μέτρων μεταξύ τριών ομάδων, προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά, $[F(2, 36) = 4,381, p = 0,02]$. Η ανάλυση πολλαπλών συγκρίσεων με τη μέθοδο Bonferroni ανέδειξε στατιστικά σημαντικά υψηλότερους συνολικούς χρόνους στην Ομάδα 1 σε σύγκριση με την Ομάδα 3 ($\Delta = 0,722$ s, +6,94%). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 12.



Σχήμα 12. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης του συνολικού χρόνου εκτέλεσης πέντε σπριντ 10 μέτρων μεταξύ των 3 ομάδων. Με * παρουσιάζεται η στατιστικά σημαντική διαφορά με την Ομάδα 3.

3.13. Χρόνος επίδοσης στη δοκιμασία επαναλαμβανόμενων sprint 10 μέτρων

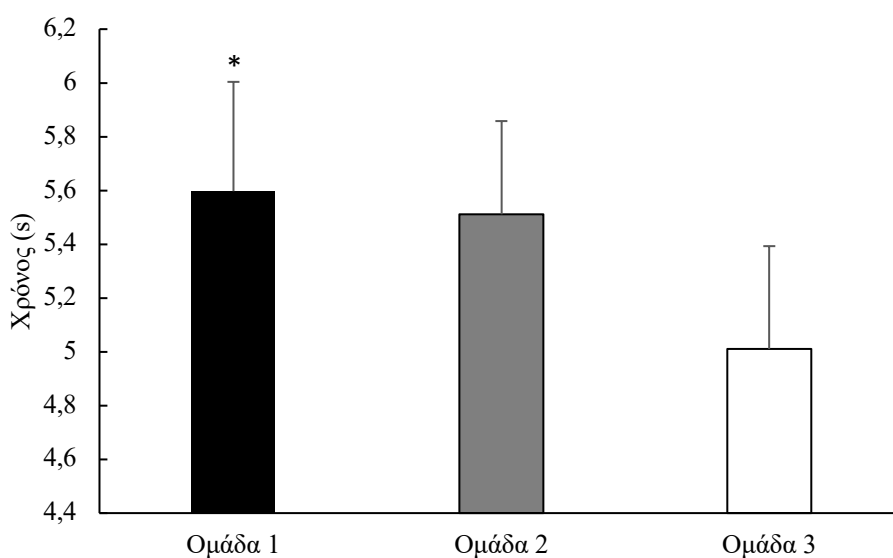
Από την ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (two-way ANOVA για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις) για τον χρόνο εκτέλεσης σε επαναλαμβανόμενα σπριντ 10 μέτρων (πέντε επαναλήψεις), δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση Sprint × Ομάδας. Από την περαιτέρω ανάλυση των κυρίων επιδράσεων παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα Sprint, [$F(4, 144) = 2,829$, $p = 0,027$, $\text{partial } \eta^2 \approx 0,073$], με σημαντική διαφορά μεταξύ Sprint 1 και Sprint 5 ($\Delta = 0,058$ s). Επιπλέον, καταγράφηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα Ομάδα, [$F(2, 36) = 4,381$, $p = 0,020$, $\text{partial } \eta^2 \approx 0,196$]. Η ανάλυση πολλαπλών συγκρίσεων με τη μέθοδο Bonferroni ανέδειξε στατιστικά σημαντικά υψηλότερους χρόνους στην Ομάδα 1 σε σύγκριση με την Ομάδα 3 ($\Delta = 0,144$ s, $\approx 6,47\%$). Επιπλέον, απλές συγκρίσεις μεταξύ ομάδων σε επιμέρους επαναλήψεις ανέδειξαν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερους χρόνους για την Ομάδα 3 στα Sprint 2 ($\Delta = -0,149$ s, $\approx 6,09\%$) και Sprint 4 ($\Delta = -0,163$ s) έναντι της ομάδας 2. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 13.



Σχήμα 13. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης του χρόνου επίδοσης στη δοκιμασία πέντε επαναλαμβανόμενων σπριντ 10 μέτρων για τις τρεις ομάδες. Με * παρουσιάζεται η στατιστικά σημαντική διαφορά της Ομάδας 1 σε σχέση με την Ομάδα 3, με # η στατιστικά σημαντική διαφορά της Ομάδας 3 σε σχέση με την Ομάδα 2 στα Sprint 2 και Sprint 4. ενώ με 1 σημειώνεται η σημαντική διαφορά μεταξύ με το 5ο σπριντ ανεξαρτήτως ομάδας.

3.14. Μέση επίδοση στη δοκιμασία σπριντ 30 μέτρων

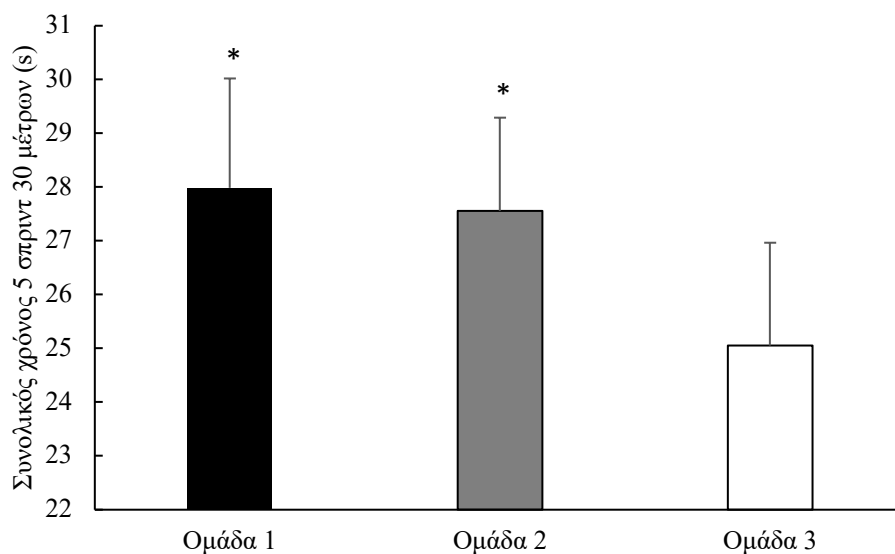
Από την ανάλυση διακύμανσης ενός παράγοντα (one-way ANOVA) για τον μέσο χρόνο εκτέλεσης στα 30 μέτρα μεταξύ τριών ομάδων, προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά, $[F(2, 36) = 7,890, p = 0,001]$. Η ανάλυση πολλαπλών συγκρίσεων με τη μέθοδο Bonferroni ανέδειξε στατιστικά σημαντικά υψηλότερους χρόνους στην Ομάδα 1 σε σύγκριση με την Ομάδα 3 ($\Delta = 0,587$ s, +11,71%) και στην Ομάδα 2 σε σύγκριση με την Ομάδα 3 ($\Delta = 0,501$ s, +9,99%). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 14.



Σχήμα 14. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της μέσης επίδοσης στα 30 μέτρα σπριντ μεταξύ των 3 ομάδων. Με * παρουσιάζεται η στατιστικά σημαντική διαφορά της Ομάδας 1 σε σχέση με την Ομάδα 3.

3.15. Συνολικός χρόνος των 5 sprint 30 μέτρων

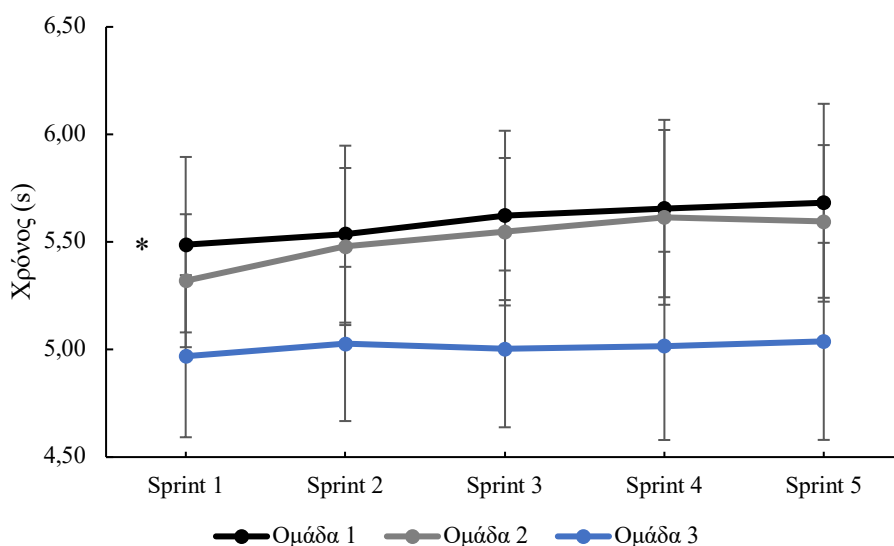
Από την ανάλυση διακύμανσης ενός παράγοντα (one-way ANOVA) για τον συνολικό χρόνο εκτέλεσης πέντε σπριντ 30 μέτρων μεταξύ τριών ομάδων, προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά, $[F(2, 36) = 7,890, p = 0,001, \eta^2 = 0,305]$. Η ανάλυση πολλαπλών συγκρίσεων με τη μέθοδο Bonferroni ανέδειξε στατιστικά σημαντικά υψηλότερους συνολικούς χρόνους στην Ομάδα 1 σε σύγκριση με την Ομάδα 3 ($\Delta = 2,933 \text{ s, } +11,71\%$) και στην Ομάδα 2 σε σύγκριση με την Ομάδα 3 ($\Delta = 2,504 \text{ s, } +9,99\%$). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 15.



Σχήμα 15. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης του συνολικού χρόνου εκτέλεσης πέντε σπριντ 30 μέτρων μεταξύ των 3 ομάδων. Με * παρουσιάζεται η στατιστικά σημαντική διαφορά με την Ομάδα 3.

3.16. Χρόνος επίδοσης στη δοκιμασία επαναλαμβανόμενων sprint 30 μέτρων

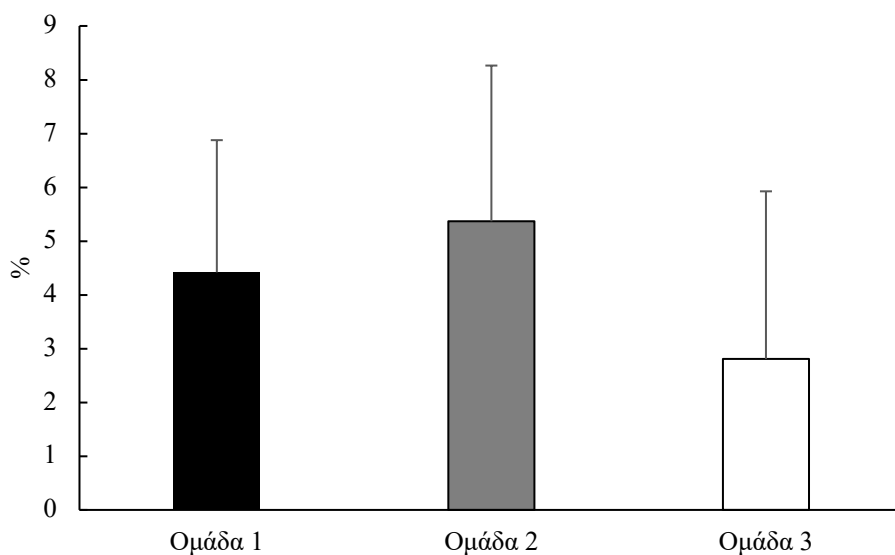
Από την ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (two-way ANOVA για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις) για τον χρόνο εκτέλεσης επαναλαμβανόμενων σπριντ 30 μέτρων (πέντε επαναλήψεις), διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση Χρόνου × Ομάδας στη γραμμική της συνιστώσα [$F(2, 36) = 3,525$, $p = 0,040$, partial $\eta^2 = 0,164$]. Από την περαιτέρω ανάλυση των απλών επιδράσεων παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα Χρόνος [Pillai's Trace = 0,516, $F(4, 33) = 8,780$, $p < 0,001$, partial $\eta^2 = 0,516$]. Η ανάλυση πολλαπλών συγκρίσεων με τη μέθοδο Bonferroni ανέδειξε στατιστικά σημαντικά υψηλότερους χρόνους στο Sprint 2 ($\Delta = 0,088$ s, +1,67%), Sprint 3 ($\Delta = 0,132$ s, +2,51%), Sprint 4 ($\Delta = 0,170$ s, +3,23%) και Sprint 5 ($\Delta = 0,180$ s, +3,42%) σε σύγκριση με το Sprint 1, καθώς και στο Sprint 5 σε σύγκριση με το Sprint 2 ($\Delta = 0,092$ s, +1,72%). Παρατηρήθηκε επίσης στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα Ομάδα, [$F(2, 36) = 7,890$, $p = 0,001$]. Η ανάλυση πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni ανέδειξε στατιστικά σημαντικά χαμηλότερους χρόνους στην Ομάδα 3 σε σύγκριση με την Ομάδα 1 ($\Delta = 0,587$ s, +11,71%) και την Ομάδα 2 ($\Delta = 0,501$ s, +9,99%). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 16.



Σχήμα 16. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης του χρόνου εκτέλεσης στη δοκιμασία πέντε επαναλαμβανόμενων σπριντ 30 μέτρων για τις τρεις ομάδες. Με * παρουσιάζεται η στατιστικά σημαντική διαφορά της Ομάδας 3 σε σχέση με τις Ομάδες 1 και 2. Με ¹ σημειώνονται οι στατιστικά σημαντικά υψηλότεροι χρόνοι στα Sprint 2 έως 5 σε σύγκριση με το Sprint 1, και με 2 η διαφορά έναντι του Sprint 2.

3.17. Δείκτης κόπωσης επαναλαμβανόμενων σπριντ (RSA)

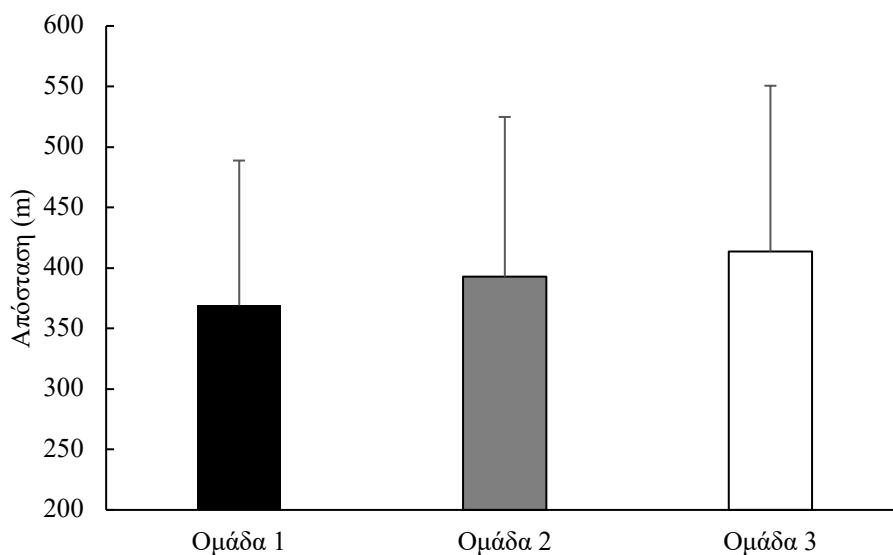
Από την ανάλυση διακύμανσης ενός παράγοντα (one-way ANOVA) για τον δείκτη κόπωσης για επαναλαμβανόμενα σπριντ μεταξύ τριών ομάδων, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά, $[F(2, 36) = 2,178, p = 0,128]$. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 17.



Σχήμα 17. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης του δείκτη κόπωσης για επαναλαμβανόμενα σπριντ στις τρεις ομάδες.

3.18. Διανυθείσα απόσταση στη δοκιμασία YoYo

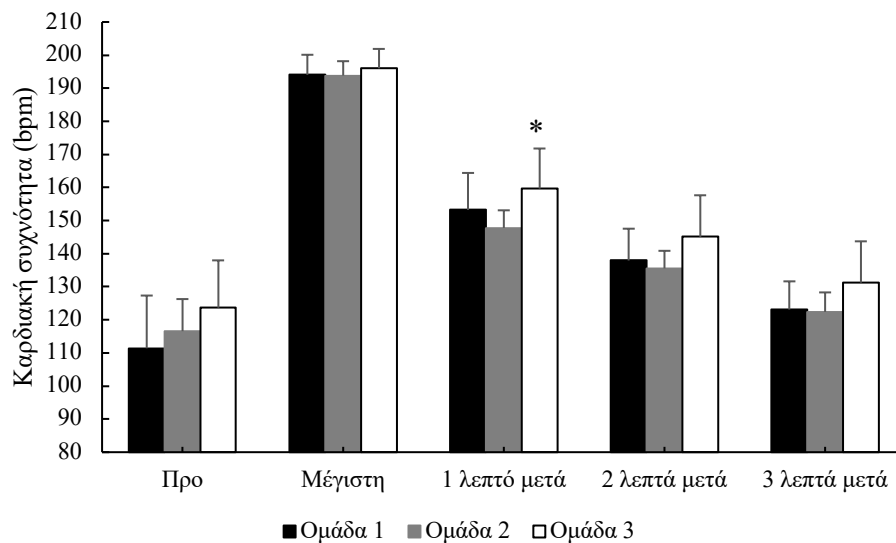
Από την ανάλυση διακύμανσης ενός παράγοντα (one-way ANOVA) μεταξύ τριών ομάδων, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς τη διανυθείσα απόσταση, [$F(2, 58) = 0,559$, $p = 0,575$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 18.



Σχήμα 18. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της διανυθείσας απόστασης κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας YoYo.

3.19. Καρδιακή συχνότητα στη δοκιμασία YoYo

Από την ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (two-way repeated measures ANOVA) στην καρδιακή συχνότητα κατά πέντε διαδοχικά χρονικά σημεία, προέκυψε στατιστικώς σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ του παράγοντα Χρόνος και του παράγοντα Ομάδα, [Pillai's Trace= 0,272, $F(8, 112) = 2,208$, $p = 0,032$]. Παράλληλα, καταγράφηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα Χρόνου, [Pillai's Trace= 0,989, $F(4, 55) = 1192,327$, $p < 0,001$, μερικό $\eta^2 \approx 0,954$], με στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ όλων των χρονικών σημείων, όπως επιβεβαιώνεται από τις διορθωμένες συγκρίσεις κατά Bonferroni (όλες οι $p < 0,001$). Επιπροσθέτως, διαπιστώθηκε κύρια επίδραση του παράγοντα Ομάδα [$F(2, 58) = 5,099$, $p = 0,009$, μερικό $\eta^2 \approx 0,150$]. Η ανάλυση των πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni ανέδειξε ότι η Ομάδα 3 παρουσίασε σημαντικά υψηλότερες τιμές καρδιακής συχνότητας σε σύγκριση με την Ομάδα 1 ($\Delta = 6,17$ bpm, $p = 0,019$, $\approx 4,3\%$) και την Ομάδα 2 ($\Delta = 6,86$ bpm, $p = 0,012$, $\approx 4,8\%$). Σύμφωνα με την ανάλυση της αλληλεπίδρασης Χρόνου $\times$ Ομάδας, με την Ομάδα 3 να εμφανίζει σημαντικά υψηλότερες τιμές καρδιακής συχνότητας έναντι της Ομάδας 2 στο 1ο ($\Delta = 11,91$ bpm, $p = 0,004$), 2ο ($\Delta = 9,56$ bpm, $p = 0,016$) και 3ο λεπτό ($\Delta = 8,87$ bpm, $p = 0,019$), καθώς και έναντι της Ομάδας 1 στο 3ο λεπτό ($\Delta = 8,14$ bpm, $p = 0,026$). Η χρονική εξέλιξη των διαφορών απεικονίζεται γραφικά στο Σχήμα 19.



Σχήμα 19. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της καρδιακής συχνότητας σε πέντε χρονικά σημεία για τις τρεις ομάδες. Με * παρουσιάζεται η στατιστικά σημαντική διαφορά έναντι των ομάδων 2 και 3. Όλα τα χρονικά σημεία διαφοροποιούνται στατιστικά μεταξύ τους ανεξαρτήτως ομάδας

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας ΜΔΕ ήταν να διερευνήσει την επίδραση διαφορετικών επιπέδων βιολογικής ωρίμανσης στην αντοχή και την ταχύτητα νεαρών ποδοσφαιριστών ηλικίας 10–15 ετών, συμβάλλοντας στη συμπλήρωση του βιβλιογραφικού κενού που παρατηρείται σχετικά με τη συσχέτιση της ωρίμανσης με δείκτες φυσικής κατάστασης στις αναπτυξιακές ηλικίες. Η μελέτη επικεντρώθηκε στην ανάλυση ανθρωπομετρικών, σωματομετρικών και φυσιολογικών παραμέτρων, επιχειρώντας να αποσαφηνίσει τον βαθμό στον οποίο η βιολογική ηλικία επηρεάζει την αγωνιστική απόδοση.

Τα αποτελέσματα ανέδειξαν σημαντικές διαφορές στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά μεταξύ των ομάδων διαφορετικής ωρίμανσης, γεγονός που επιβεβαιώνει τη σταδιακή σωματική ανάπτυξη και την προοδευτική αύξηση της μυϊκής μάζας κατά την εφηβική περίοδο. Οι πιο ώριμοι ποδοσφαιριστές παρουσίασαν υψηλότερες τιμές ύψους, σωματικού βάρους, καθιστού ύψους, μήκους κάτω άκρων και άλιπης μάζας, ευρήματα που συμφωνούν με προηγούμενες μελέτες οι οποίες έχουν δείξει ότι κατά τη διάρκεια ή αμέσως μετά τον PHV παρατηρείται αυξημένος ρυθμός αύξησης (Lloyd et al., 2015; Malina et al., 2004). Η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται από έντονες ενδοκρινικές μεταβολές, αύξηση της τεστοστερόνης και της αυξητικής ορμόνης, οι οποίες οδηγούν σε υπερτροφία των μυϊκών ινών και βελτίωση της νευρομυϊκής λειτουργίας (Beunen & Malina, 2007).

Η αύξηση της άλιπης μάζας και του δείκτη άλιπης σωματικής μάζας στους πιο ώριμους αθλητές εξηγεί εν μέρει και τη βελτίωση των αναερόβιων παραμέτρων, καθώς η μυϊκή ανάπτυξη συμβάλλει στην παραγωγή μεγαλύτερης ισχύος και ταχύτητας. Παρόμοια ευρήματα έχουν αναφερθεί από τους Teixeira et al. (2015) και Mendez-Villanueva et al. (2010), οι οποίοι παρατήρησαν ότι η προχωρημένη βιολογική ηλικία σχετίζεται με υψηλότερες τιμές $\dot{V}O_2\max$, ταχύτερους χρόνους σπριντ και ανώτερες επιδόσεις σε τεστ επαναλαμβανόμενων προσπαθειών. Αντίθετα, οι λιγότερο ώριμοι αθλητές εμφανίζουν συχνά μειωμένη μυϊκή ισχύ και δυσκολία στη διαχείριση επιβαρύνσεων υψηλής έντασης (Romann & Cogley, 2015).

Η στατιστικά σημαντική διαφορά που παρατηρήθηκε στα σπριντ των 10 και 30 μέτρων μεταξύ των ομάδων υποδηλώνει ότι η βιολογική ωρίμανση επηρεάζει καθοριστικά τις

επιδόσεις σε δραστηριότητες υψηλής έντασης μικρής διάρκειας. Οι ποδοσφαιριστές που βρίσκονταν πλησιέστερα ή μετά την PHV παρουσίασαν μικρότερους χρόνους στα σπριντ και υψηλότερη ικανότητα εκτέλεσης επαναλαμβανόμενων σπριντ (RSA), εύρημα που εναρμονίζεται με τη θεωρία της «νευρομυϊκής ωρίμανσης», σύμφωνα με την οποία η αύξηση της μυϊκής μάζας συνοδεύεται από βελτιωμένη κινητική στρατολόγηση και ρυθμιστική ικανότητα ιόντων υδρογόνου (Bangsbo et al., 2006). Η βελτίωση της RSA αντανακλά επίσης τη μεγαλύτερη αναερόβια ικανότητα και τη βελτιωμένη αποκατάσταση μεταξύ προσπαθειών (Mohr et al., 2003).

Η διαφορά στις επιδόσεις ταχύτητας ανάμεσα στις ομάδες συμφωνεί με τα ευρήματα των Gryko et al. (2022) σε νεαρούς αθλητές, οι οποίοι ανέφεραν στατιστικά σημαντικές βελτιώσεις στη μέγιστη ταχύτητα και στη δύναμη των κάτω άκρων με την πρόοδο της ωρίμανσης. Ωστόσο, η έρευνα του Lloyd et al. (2011) επισημαίνει ότι η περίοδος γύρω από την PHV μπορεί να συνοδεύεται από προσωρινή μείωση του κινητικού συντονισμού —το φαινόμενο της «εφηβικής αδεξιότητας»—, το οποίο πιθανώς επηρεάζει αρνητικά την απόδοση για μικρό χρονικό διάστημα. Στην παρούσα μελέτη δεν καταγράφηκε τέτοια μείωση, γεγονός που ίσως οφείλεται στη συστηματική συμμετοχή των παιδιών σε προπονήσεις ποδοσφαίρου, οι οποίες βελτιώνουν τον νευρομυϊκό έλεγχο και μειώνουν την πιθανότητα εμφάνισης του φαινομένου.

Η μη ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών στη διανυθείσα απόσταση της δοκιμασίας Yo-Yo IR1 δείχνει ότι η αερόβια ικανότητα δεν επηρεάζεται άμεσα από το στάδιο ωρίμανσης. Αντίστοιχα αποτελέσματα έχουν αναφέρει και οι Deprez et al. (2012) και Gil et al. (2014), οι οποίοι κατέδειξαν ότι, αν και η ωρίμανση επηρεάζει τη δύναμη και την ταχύτητα, η αερόβια απόδοση παραμένει σχετικά σταθερή όταν λαμβάνεται υπόψη η προπονητική εμπειρία. Πιθανή εξήγηση αποτελεί το γεγονός ότι η ανάπτυξη του καρδιοαναπνευστικού συστήματος έχει ήδη προχωρήσει επαρκώς σε αυτές τις ηλικίες, ενώ η διαφοροποίηση μεταξύ αθλητών οφείλεται περισσότερο στην προπονητική προσαρμογή παρά στη βιολογική ηλικία.

Ενδιαφέρον εύρημα της παρούσας ΜΔΕ αποτέλεσε η υψηλότερη καρδιακή συχνότητα που καταγράφηκε στην ομάδα των πιο ώριμων ποδοσφαιριστών κατά τη διάρκεια

του τεστ Yo-Yo IR1. Το αποτέλεσμα αυτό πιθανόν να οφείλεται στην αυξημένη ικανότητα παραγωγής έργου των αθλητών αυτής της ομάδας, η οποία απαιτεί μεγαλύτερη καρδιοαναπνευστική απόκριση. Η μεγαλύτερη άλιπη μάζα συνεπάγεται αυξημένη ενεργειακή απαίτηση και υψηλότερη κατανάλωση οξυγόνου σε δεδομένο έργο (Teixeira et al., 2015). Αντίστοιχα ευρήματα έχουν αναφερθεί και από τους Mendez-Villanueva et al. (2010), οι οποίοι παρατήρησαν ότι οι προχωρημένα ώριμοι αθλητές παρουσιάζουν υψηλότερη καρδιακή συχνότητα και ταχύτερη επαναφορά της κατά την αποκατάσταση, γεγονός που υποδηλώνει αποτελεσματικότερο καρδιοαναπνευστικό έλεγχο.

Η απουσία σημαντικών διαφορών στη συνολική απόδοση του τεστ αντοχής πιθανώς συνδέεται με τη σχετική ομοιογένεια της προπονητικής εμπειρίας των συμμετεχόντων, καθώς όλοι οι ποδοσφαιριστές ανήκαν σε οργανωμένες ακαδημίες και ακολουθούσαν παρόμοια προπονητικά προγράμματα. Η αερόβια απόδοση στις ηλικίες 10–15 ετών φαίνεται να εξαρτάται περισσότερο από τη συχνότητα και την ποιότητα της προπόνησης παρά από το επίπεδο βιολογικής ωρίμανσης (Lloyd et al., 2015). Η διαφορά, επομένως, μπορεί να προκύπτει κυρίως σε αναερόβιες δραστηριότητες, όπου οι μυϊκές και ορμονικές προσαρμογές διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο (Mohr et al., 2003).

Τα ευρήματα της μελέτης συμφωνούν με τη διεθνή βιβλιογραφία ως προς την επίδραση της βιολογικής ωρίμανσης στις αναερόβιες παραμέτρους, ωστόσο δεν επιβεβαιώνουν σημαντική διαφοροποίηση στην αντοχή. Παρόμοια συμπεράσματα προέκυψαν και από τους Gryko et al. (2022), όπου η βιολογική ηλικία φάνηκε να σχετίζεται ισχυρά με τη δύναμη και την ταχύτητα, όχι όμως με την αερόβια ικανότητα. Η διατήρηση της αερόβιας σταθερότητας μπορεί να οφείλεται σε «ταβάνι ανάπτυξης» του καρδιοαναπνευστικού συστήματος σε αυτές τις ηλικίες ή στο ότι η δοκιμασία Yo-Yo IR1 δεν έχει την ευαισθησία να αποτυπώσει μικρές μεταβολές μεταξύ στενών ηλικιακών ομάδων (Deprez et al., 2012).

Η παρούσα εργασία προσφέρει ουσιαστική συμβολή στην κατανόηση της σχέσης μεταξύ βιολογικής ωρίμανσης και φυσικής απόδοσης στο ποδόσφαιρο αναπτυξιακών ηλικιών. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι η προχωρημένη βιολογική ωρίμανση συνδέεται με αυξημένη μυϊκή μάζα, καλύτερη ταχύτητα και βελτιωμένη ικανότητα εκτέλεσης

επαναλαμβανόμενων σπριντ, χωρίς όμως να επηρεάζει ουσιαστικά την αντοχή. Η ενσωμάτωση της εκτίμησης της βιολογικής ηλικίας σε προγράμματα αξιολόγησης και προγραμματισμού της προπόνησης θεωρείται απαραίτητη για τη σωστή εξατομίκευση των φορτίων και την αποφυγή σφαλμάτων στην επιλογή και αξιολόγηση ταλέντων.

Μελλοντικές έρευνες θα πρέπει να εστιάσουν σε διαχρονικές μελέτες που θα παρακολουθούν την εξέλιξη των ίδιων αθλητών σε όλο το φάσμα της εφηβείας, ενσωματώνοντας μετρήσεις ορμονικών δεικτών και μεταβλητών αποκατάστασης. Η συσχέτιση αυτών των δεδομένων με επιδόσεις στο γήπεδο μπορεί να προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες για την ανάπτυξη εξατομικευμένων προπονητικών προγραμμάτων, προσαρμοσμένων στο στάδιο ωρίμανσης κάθε αθλητή.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα ΜΔΕ διερεύνησε την επίδραση της βιολογικής ωρίμανσης στην αντοχή και την ταχύτητα νεαρών ποδοσφαιριστών ηλικίας 10–15 ετών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι δείκτες φυσικής κατάστασης επηρεάζονται σημαντικά από το επίπεδο βιολογικής ανάπτυξης, με τις μεγαλύτερες διαφορές να εντοπίζονται στις αναερόβιες παραμέτρους.

Συγκεκριμένα, οι πιο ώριμοι ποδοσφαιριστές παρουσίασαν υψηλότερες τιμές ύψους, σωματικού βάρους και άλιπης μάζας, καθώς και σημαντικά καλύτερες επιδόσεις στα σπριντ 10 και 30 μέτρων. Η βελτίωση αυτή αποδίδεται στις ορμονικές και μυϊκές προσαρμογές που συνοδεύουν τη φάση του μέγιστου ρυθμού αύξησης του ύψους (PHV). Αντίθετα, η αντοχή, όπως εκτιμήθηκε μέσω της δοκιμασίας Yo-Yo IR1, δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των ομάδων, γεγονός που υποδηλώνει ότι η αερόβια ικανότητα επηρεάζεται λιγότερο από τη βιολογική ωρίμανση στις ηλικίες αυτές.

Η μελέτη ανέδειξε επίσης τη σημασία της συστηματικής παρακολούθησης της βιολογικής ηλικίας στην προπονητική διαδικασία. Η καταγραφή του maturity offset και η εκτίμηση της απόστασης από τον μέγιστο ρυθμό αύξησης του ύψους μπορούν να αποτελέσουν πολύτιμα εργαλεία για την εξατομίκευση των προπονητικών φορτίων, τη βελτιστοποίηση των προσαρμογών και την πρόληψη τραυματισμών.

Συνολικά, η προχωρημένη βιολογική ωρίμανση φαίνεται να σχετίζεται με ανώτερες επιδόσεις ταχύτητας και δύναμης, αλλά όχι απαραίτητα με αυξημένη αντοχή. Η αξιολόγηση της ωρίμανσης θα πρέπει να αποτελεί αναπόσπαστο μέρος του προγραμματισμού προπόνησης στις αναπτυξιακές ηλικίες, ώστε να διασφαλίζεται η ομαλή και δίκαιη αθλητική εξέλιξη κάθε ποδοσφαιριστή.

Μελλοντικές μελέτες μπορούν να επεκτείνουν τα ευρήματα της παρούσας έρευνας εξετάζοντας διαχρονικά τις ίδιες ηλικιακές ομάδες και ενσωματώνοντας περισσότερους φυσιολογικούς και ψυχολογικούς δείκτες, ώστε να κατανοηθεί πληρέστερα ο ρόλος της βιολογικής ωρίμανσης στην αθλητική απόδοση και ανάπτυξη.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Archiza, B., Andaku, D. K., Beltrame, T., Libardi, C. A., & Borghi-Silva, A. (2020). The Relationship Between Repeated-Sprint Ability, Aerobic Capacity, and Oxygen Uptake Recovery Kinetics in Female Soccer Athletes. *Journal of Human Kinetics*, 75, 115–126. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0042>
2. Arenas, L., Skorski, S., Meyer, T., & Frenger, M. (2025). Evidence at play: Evidence-based practices and barriers in biological maturation assessment among German football academies. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 55(3), 480–490. <https://doi.org/10.1007/s12662-025-01031-2>
3. Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24(7), 665–674. <https://doi.org/10.1080/02640410500482529>
4. Beunen, G., & Malina, R. M. (2007). Growth and Biologic Maturation: Relevance to Athletic Performance. In H. Hebestreit & O. Bar-Or (Eds), *The Young Athlete* (1st edn, pp. 3–17). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470696255.ch1>
5. Bidaurrezaga-Letona, I., Lekue, J. A., Amado, M., & Gil, S. M. (2019). Progression in Youth Soccer: Selection and Identification in Youth Soccer Players Aged 13–15 Years. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(9), 2548–2558. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001924>
6. Buchheit, M., Méndez-Villanueva, A., Simpson, B. M., & Bourdon, P. C. (2010). Repeated-Sprint Sequences During Youth Soccer Matches. *International Journal of Sports Medicine*, 31, 709–716.
7. Buchheit, M., Simpson, B. M., Peltola, E., & Mendez-Villanueva, A. (2012). Assessing Maximal Sprinting Speed in Highly Trained Young Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(1), 76–78. <https://doi.org/10.1123/ijsp.7.1.76>
8. Datson, N., Hulton, A., Andersson, H., Lewis, T., Weston, M., Drust, B., & Gregson, W. (2014). Applied Physiology of Female Soccer: An Update. *Sports Medicine*, 44(9), 1225–1240. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0199-1>
9. Deprez, D., Vaeyens, R., Coutts, A., Lenoir, M., & Philippaerts, R. (2012). Relative Age Effect and Yo-Yo IR1 in Youth Soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 33(12), 987–993. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1311654>
10. Figueiredo, A. J., Gonçalves, C. E., Coelho E Silva, M. J., & Malina, R. M. (2009). Youth soccer players, 11–14 years: Maturity, size, function, skill and goal

- orientation. *Annals of Human Biology*, 36(1), 60–73.
<https://doi.org/10.1080/03014460802570584>
11. Fransen, J., Bush, S., Woodcock, S., Novak, A., Deprez, D., Baxter-Jones, A. D. G., Vaeyens, R., & Lenoir, M. (2018). Improving the Prediction of Maturity From Anthropometric Variables Using a Maturity Ratio. *Pediatric Exercise Science*, 30(2), 296–307. <https://doi.org/10.1123/pes.2017-0009>
 12. Gil, S. M., Badiola, A., Bidaurrezaga-Letona, I., Zabala-Lili, J., Gravina, L., Santos-Concejero, J., Lekue, J. A., & Granados, C. (2014). Relationship between the relative age effect and anthropometry, maturity and performance in young soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 32(5), 479–486. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.832355>
 13. Gryko, K., Adamczyk, J. G., Kopiczko, A., Calvo, J. L., Calvo, A. L., & Mikołajec, K. (2022). Does predicted age at peak height velocity explain physical performance in U13–15 basketball female players? *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 14(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s13102-022-00414-4>
 14. Itoh, R., & Hirose, N. (2020). Relationship Among Biological Maturation, Physical Characteristics, and Motor Abilities in Youth Elite Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(2), 382–388. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003346>
 15. Krstrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., Pedersen, P. K., & Bangsbo, J. (2003). The Yo-Yo Intermittent Recovery Test: Physiological Response, Reliability, and Validity: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(4), 697–705. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000058441.94520.32>
 16. Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2012). The Youth Physical Development Model: A New Approach to Long-Term Athletic Development. *Strength & Conditioning Journal*, 34(3). https://journals.lww.com/nsca-scj/Fulltext/2012/06000/The_Youth_Physical_Development_Model__A_New.8.aspx
 17. Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Faigenbaum, A. D., Howard, R., De Ste Croix, M. B. A., Williams, C. A., Best, T. M., Alvar, B. A., Micheli, L. J., Thomas, D. P., Hatfield, D. L., Cronin, J. B., & Myer, G. D. (2015). Long-Term Athletic Development- Part 1: A Pathway for All Youth. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(5). https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2015/05000/Long_Term_Athletic_Development__Part_1__A_Pathway.36.aspx

18. Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Hughes, M. G., & Williams, C. A. (2011). The Influence of Chronological Age on Periods of Accelerated Adaptation of Stretch-Shortening Cycle Performance in Pre and Postpubescent Boys. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(7). https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2011/07000/The_Influence_of_Chronological_Age_on_Periods_of.14.aspx
19. Malina, R., Eisenmann, J., Cumming, S., 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, 555–562. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0995-z>
20. Malina, R. M., & Koziel, S. M. (2014). Validation of maturity offset in a longitudinal sample of Polish boys. *Journal of Sports Sciences*, 32(5), 424–437. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.828850>
21. Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho e Silva, M. J., & Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of youth athletes: Assessment and implications. *British Journal of Sports Medicine*, 49(13), 852–859. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094623>
22. Mendez-Villanueva, A., Buchheit, M., Kuitunen, S., Poon, T. K., Simpson, B., & Peltola, E. (2010). Is the Relationship Between Sprinting and Maximal Aerobic Speeds in Young Soccer Players Affected by Maturation? *Pediatric Exercise Science*, 22(4), 497–510. <https://doi.org/10.1123/pes.22.4.497>
23. Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D. G., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(4), 689–694. <https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00020>
24. Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 21(7), 519–528. <https://doi.org/10.1080/0264041031000071182>
25. Monasterio, X., Gil, S. M., Bidaurrezaga-Letona, I., Cumming, S. P., Malina, R. M., Williams, S., Lekue, J. A., Santisteban, J. M., Diaz-Beitia, G., & Larruskain, J. (2024). Estimating Maturity Status in Elite Youth Soccer Players: Evaluation of Methods. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 56(6), 1124–1133. <https://doi.org/10.1249/MSS.00000000000003405>
26. Moore, S. A., McKay, H. A., Macdonald, H., Nettlefold, L., Baxter-Jones, A. D. G., Cameron, N., & Brasher, P. M. A. (2015). Enhancing a Somatic Maturity

Prediction Model. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47(8), 1755–1764.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000588>

27. Murr, D., Raabe, J., & Höner, O. (2018). The prognostic value of physiological and physical characteristics in youth soccer: A systematic review. *European Journal of Sport Science*, 18(1), 62–74.
<https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1386719>
28. Parry, G. N., Williams, S., McKay, C. D., Johnson, D. J., Bergeron, M. F., & Cumming, S. P. (2024). Associations between growth, maturation and injury in youth athletes engaged in elite pathways: A scoping review. *British Journal of Sports Medicine*, 58(17), 1001–1010. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2024-108233>
29. Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S., Ferrari Bravo, D., Sassi, R., & Impellizzeri, F. (2007). Validity of Simple Field Tests as Indicators of Match-Related Physical Performance in Top-Level Professional Soccer Players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(3), 228–235. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924340>
30. Rampinini, E., Sassi, A., Morelli, A., Mazzoni, S., Fanchini, M., & Coutts, A. (2009). Repeated-sprint ability in professional and amateur soccer players. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquée, Nutrition et Métabolisme*, 34, 1048–1054. <https://doi.org/10.1139/H09-111>
31. Retzepis, N.-O., Avloniti, A., Kokkotis, C., Stampoulis, T., Balampanos, D., Gkachtsou, A., Aggelakis, P., Kelaraki, D., Protopapa, M., Pantazis, D., Emmanouilidou, M., Zaras, N., Draganidis, D., Smilios, I., Kambas, A., Fatouros, I. G., Michalopoulou, M., & Chatzinikolaou, A. (2025). The Effect of Peak Height Velocity on Strength and Power Development of Young Athletes: A Scoping Review. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 10(2), 168. <https://doi.org/10.3390/jfmk10020168>
32. Romann, M., & Copley, S. (2015). Relative Age Effects in Athletic Sprinting and Corrective Adjustments as a Solution for Their Removal. *PLOS ONE*, 10(4), e0122988. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122988>
33. Sannicandro, I., Agostino, S., Abate Daga, M., Veglio, F., & Abate Daga, F. (2024). Developing the Physical Performance in Youth Soccer: Short-Term Effect of Dynamic–Ecological versus Traditional Training Approach for Sub-Elite U13 Players—An Ecological Exploratory Cluster Randomised Trial. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 9(2), 83. <https://doi.org/10.3390/jfmk9020083>
34. Slimani, M., & Nikolaidis, P. T. (2018). Anthropometric and physiological characteristics of male soccer players according to their competitive level,

- playing position and age group: A systematic review. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(1). <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07950-6>
35. Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: An update. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(6), 501–536. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535060-00004>
 36. Teixeira, A., Valente-dos-Santos, J., Coelho-e-Silva, M., Malina, R., Fernandes-da-Silva, J., Cesar Do Nascimento Salvador, P., De Lucas, R., Wayhs, M., & Guglielmo, L. (2015). Skeletal Maturation and Aerobic Performance in Young Soccer Players from Professional Academies. *International Journal of Sports Medicine*, 36(13), 1069–1075. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1549922>
 37. Tingelstad, L. M., Raastad, T., Till, K., & Luteberget, L. S. (2023). The development of physical characteristics in adolescent team sport athletes: A systematic review. *PLOS ONE*, 18(12), e0296181. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0296181>
 38. Turner, A., Walker, S., Stembridge, M., Coneyworth, P., Reed, G., Birdsey, L., Barter, P., & Moody, J. (2011). A Testing Battery for the Assessment of Fitness in Soccer Players. *Strength & Conditioning Journal*, 33(5), 29–39. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31822fc80a>
 39. Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A. M., & Philippaerts, R. M. (2008). Talent Identification and Development Programmes in Sport: Current Models and Future Directions. *Sports Medicine*, 38(9), 703–714. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838090-00001>