

**ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ**

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Φυσιολογία της Άσκησης & Προπονητική**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία
με τίτλο:

**ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ
ΣΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΟΣΤΩΝ ΣΕ ΟΛΟ ΤΟ ΣΩΜΑ ΣΕ ΑΘΛΗΤΗ
ΟΛΥΜΠΙΑΚΗΣ ΙΣΤΙΟΣΑΝΙΔΑΣ ΥΨΗΛΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ**

ΤΟΥ

Τσορτανίδη Δημητρίου (ΑΕΜ: 13021)

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Επιβλέπων Καθηγητής :	Χατζηνικολάου Αθανάσιος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τ.Ε.Φ.Α.Α.- Σ.Ε.Φ.Α.Α.-Δ.Π.Θ.
2 ^ο Μέλος Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:	Σμήλιος Ηλίας, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τ.Ε.Φ.Α.Α.- Σ.Ε.Φ.Α.Α.-Δ.Π.Θ.
3 ^ο Μέλος Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:	Αυλωνίτη Αλεξάνδρα, Επίκουρη Καθηγήτρια, Τ.Ε.Φ.Α.Α.- Σ.Ε.Φ.Α.Α.-Δ.Π.Θ.

Κομοτηνή, 2021

Στον Λεωνίδα και στον Πέτρο

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στους καθηγητές μου Χατζηνικολάου Αθανάσιο, Σμήλιο Ηλία και Αυλωνίτη Αλεξάνδρα. Η διδασκαλία τους, η μεθοδικότητα και η προσήλωσή τους, μου έδωσαν δύναμη και ανακάλεσαν στην μνήμη μου, σπουδαίους καθηγητές του Τ.Ε.Φ.Α.Α Αθηνών στα τέλη της δεκαετίας του 80.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τσορτανίδης Δημήτριος: Διαχρονική παρακολούθηση της φυσικής κατάστασης σύστασης σώματος και της κατάστασης των οστών σε όλο το σώμα σε αθλητή ολυμπιακής ιστιοσανίδας υψηλού επιπέδου

(Με την επίβλεψη του Αναπληρωτή Καθηγητή Χατζηνικολάου Αθανάσιου)

Το άθλημα της ολυμπιακής ιστιοσανίδας απαιτεί υψηλά επίπεδα σωματικής προετοιμασίας και τεχνικής επάρκειας. Στην ιστιοσανίδα αναπτύσσονται υψηλές τιμές ώθησης από το μυϊκό σύστημα και έντονες κρούσεις που προσδίδει ο κυματισμός. Έως τώρα δεν έχουν εξεταστεί οι διαχρονικές επιδράσεις του αθλήματος στο ανθρώπινο σύστημα. Σκοπός της μελέτης ήταν να εξετάσει τη διαχρονική επίδραση της συμμετοχής στο άθλημα της ιστιοσανίδας, στη σύσταση σώματος, την οστική κατάσταση και την απόδοση, σε αθλητή που κατατάχθηκε στις πρώτες θέσεις παγκοσμίων και ευρωπαϊκών πρωταθλημάτων σε διοργανώσεις εφήβων και νέων αθλητών. Ο αθλητής αξιολογήθηκε ως προς τη σύσταση σώματος, την κατάσταση των οστών και την απόδοση στις ηλικίες των 16,17 και 18 ετών. Για τις ανάγκες της μελέτης και τη διερεύνηση της ασκησιογενούς επίδρασης και εν μέρει της κληρονομικότητας αξιολογήθηκαν μία φορά δύο αδέρφια (αθλητής ιστιοσανίδας και αθλητής ποδοσφαίρου) του αθλητή και ο πατέρας του. Σε ότι αφορά τη σύσταση σώματος διαπιστώθηκε αύξηση του βάρους που οφειλόταν κυρίως σε αύξηση της άλιπης σωματικής μάζας και τα αποτελέσματα ήταν συγκρίσιμα με τα αδέρφια του αθλητή. Στην οστική πυκνότητα ο αθλητής ήταν σταθερά στα ανώτερα φυσιολογικά όρια σε σύγκριση με ανθρώπους της ηλικίας του (107% του μέσου όρου), μάλιστα όλα τα μέλη της οικογένειας παρουσίασαν παρόμοιες τιμές με τον ένα αδερφό (ποδοσφαιριστής) να έχει ελαφρώς υψηλότερες. Η απόδοση σε παραμέτρους μυϊκής ισχύος (κάθετο άλμα με και χωρίς φορτίο και κωπηλατική με φορτίο) αυξήθηκε κατά 2,5-3,53% από τα 16 στα 18 έτη. Συμπερασματικά διαπιστώθηκαν προσαρμογές οι οποίες μπορεί να οφείλονται στη διαχρονική ενασχόληση με το άθλημα της ολυμπιακής ιστιοσανίδας. Για την πλήρη κατανόηση των εξειδικευμένων ως προς το άθλημα προσαρμογών απαιτείται η διεξαγωγή μετρήσεων σε περισσότερους αθλητές.

Λέξεις κλειδιά: ιστιοσανίδα, οστική πυκνότητα, σύσταση σώματος

ABSTRACT

Tsortanidis Dimitris: Longitudinal study of physical performance body composition and total body bone status on olympic wind surfing elite athlete

(Under the supervision of Associate Professor Athanasios Chatzinikolaou)

The sport of Olympic windsurfing requires high level of physical performance and skill acquisitions. Also, high load forces produced by muscle system and intense vertical collisions depends on ripple and wind transmitted in human body. No study until now has examine the effect of longitudinal training process on human body. Therefore, purpose of the present study was to examine the effect of longitudinal expose in windsurfing on body composition bone markers and performance, in athlete who qualified medal in world and European adolescents and early adults' championships. Athlete was examined in body composition, bone markers and performance throughout 16, 17 and 18 years old. To partly explain the results regarding the factors of heredity and sport specific adaptations, two brothers (windsurfing athlete and soccer player) and father of athlete also evaluated in terms of body composition and bone markers. Body weight and particularly fat free mass increased over the three years. Bone density was 104-107% of average peoples in the same age. Certainly, similar results demonstrate the other two brothers and his father. Although soccer player demonstrates slightly higher bone density. Performance in terms of muscle power (vertical jump, loaded vertical jump and loaded rowing) increased by 2,5-3,53% from 16 to 18 years old. In conclusion, longitudinal study indicates sports performance and heredity adaptations. To prevalence of these results the examination of more windsurfing athletes needs it.

Key words: windsurfing, bone status, body composition

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΑΦΙΕΡΩΣΗ.....	2
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	10
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	12
1.1. Σκοπός της έρευνας.....	15
1.2. Ερευνητικές υποθέσεις.....	16
1.3. Οριοθετήσεις και περιορισμοί.....	16
1.4. Ορισμοί και συντομογραφίες.....	16
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	18
2.1. Δείγμα.....	18
2.2. Πειραματικός σχεδιασμός.....	18
2.3. Περιγραφή μετρήσεων και οργάνων μέτρησης.....	19
2.3.1. Αξιολόγηση σύστασης σώματος με τη μέθοδο απορροφησιμετρίας ακτινών Χ διπλής ενέργειας (DXA).....	19
2.3.2. Αξιολόγηση οστικής πυκνότητας με τη μέθοδο DXA.....	19
2.3.3. Δοκιμασίας προοδευτικά αυξανόμενης έντασης έως την εξάντληση.....	20
2.3.4. Αξιολόγηση μυϊκής ισχύος άνω και κάτω άκρων.....	21
2.4. Στατιστική ανάλυση.....	22
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	24
3.1. Διαχρονική εξέλιξη της σύστασης σώματος.....	24
3.2. Διαχρονική εξέλιξη της οστικής μάζας όλου του σώματος.....	24
3.3. Διαχρονική εξέλιξη οστικής πυκνότητας όλου του σώματος.....	26
3.4. Διαχρονική εξέλιξη οστική μάζας ισχίου.....	27
3.5. Διαχρονική εξέλιξη οστικής πυκνότητας ισχίου.....	28

3.6. Διαχρονική εξέλιξη οστικής μάζας οσφυϊκής μοίρας σπονδυλικής στήλης.....	29
3.7. Διαχρονική εξέλιξη οστικής πυκνότητας οσφυϊκής μοίρας σπονδυλικής στήλης.....	30
3.8. Σύγκριση δεικτών σύστασης σώματος του αθλητή με τα υπόλοιπα μέλη της οικογένειας.....	31
3.9. Σύγκριση οστικής μάζας όλου του σώματος του αθλητή με την οικογένειά του.....	32
3.10. Σύγκριση οστικής πυκνότητας όλου του σώματος του αθλητή με την οικογένειά του.....	33
3.11. Σύγκριση οστικής μάζας ισχίου του αθλητή με την οικογένειά του.....	34
3.12. Σύγκριση οστικής πυκνότητας ισχίου του αθλητή με την οικογένειά του.....	35
3.13. Σύγκριση οστικής μάζας οσφυϊκών σπονδύλων του αθλητή με την οικογένειά του.....	36
3.14. Σύγκριση οστικής πυκνότητας οσφυϊκών σπονδύλων του αθλητή με την οικογένειά του.....	37
3.15. Διαχρονική εξέλιξη των δεικτών από τη δοκιμασία προοδευτικά αυξανόμενης έντασης.....	38
3.16. Διαχρονική εξέλιξη του ύψους άλματος με φορτίο.....	39
3.17. Διαχρονική εξέλιξη της δύναμης στο άλμα με φορτίο.....	40
3.18. Διαχρονική εξέλιξη της ταχύτητας στο άλμα με φορτίο.....	41
3.19. Διαχρονική εξέλιξη της ισχύος στο άλμα με φορτίο.....	42
3.20. Διαχρονική εξέλιξη της δύναμης στην κωπηλατική με φορτίο.....	43
3.21. Διαχρονική εξέλιξη της ταχύτητας στην κωπηλατική με φορτίο.....	44
3.22. Διαχρονική εξέλιξη της ισχύος στην κωπηλατική με φορτίο.....	45
3.23. Διαχρονική εξέλιξη της επίδοσης στο κατακόρυφο άλμα από ημικάθισμα.....	46
3.24. Διαχρονική εξέλιξη της επίδοσης στο κάθετο άλμα με ταλάντευση.....	47
3.25. Διαχρονική εξέλιξη της επίδοσης στο άλμα μετά από πτώση.....	48
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	49
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	53
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	54

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.	Διαχρονική εξέλιξη των δεικτών σύστασης σώματος.....	24
Πίνακας 2.	Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση του περιεχομένου των οστών σε ιχνοστοιχεία.....	25
Πίνακας 3.	Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση του περιεχομένου των οστών σε ιχνοστοιχεία.....	26
Πίνακας 4.	Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση του περιεχομένου των οστών σε ιχνοστοιχεία.....	27
Πίνακας 5.	Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση του περιεχομένου των οστών σε ιχνοστοιχεία.....	28
Πίνακας 6.	Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση του περιεχομένου των οστών σε ιχνοστοιχεία.....	29
Πίνακας 7.	Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση του περιεχομένου των οστών σε ιχνοστοιχεία.....	30
Πίνακας 8.	Σύγκριση των δεικτών σύστασης σώματος του αθλητή με τα υπόλοιπα μέλη της οικογένειας.....	31
Πίνακας 9.	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του υπό μελέτη αθλητή και των υπολοίπων μελών της οικογένειας στο περιεχόμενο των οστών σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία.....	32
Πίνακας 10.	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του υπό μελέτη αθλητή και των υπολοίπων μελών της οικογένειας στο περιεχόμενο των οστών σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία.....	33
Πίνακας 11.	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του υπό μελέτη αθλητή και των υπολοίπων μελών της οικογένειας στο περιεχόμενο των οστών σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία.....	34
Πίνακας 12.	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του υπό μελέτη αθλητή και των υπολοίπων μελών της οικογένειας στο περιεχόμενο των οστών σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία.....	35
Πίνακας 13.	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του υπό μελέτη αθλητή και των υπολοίπων μελών της οικογένειας στο περιεχόμενο των οστών σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία.....	36

Πίνακας 14.	Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του υπό μελέτη αθλητή και των υπολοίπων μελών της οικογένειας στο περιεχόμενο των οστών σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία.....	37
Πίνακας 15.	Διαχρονική εξέλιξη στη δοκιμασία αντοχής.....	38
Πίνακας 16.	Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση του κάθετου άλματος από ημικάθισμα.....	46
Πίνακας 17.	Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση του κάθετου άλματος με ταλάντευση.....	47

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.	Εξέλιξη του περιεχομένου των οστών σε ιχνοστοιχεία από την ηλικία των 16 ετών έως την ηλικία των 18 ετών.....	25
Σχήμα 2.	Εξέλιξη του περιεχομένου των οστών σε ιχνοστοιχεία από την ηλικία των 16 ετών έως την ηλικία των 18 ετών.....	26
Σχήμα 3.	Εξέλιξη του περιεχομένου των οστών σε ιχνοστοιχεία από την ηλικία των 16 ετών έως την ηλικία των 18 ετών.....	27
Σχήμα 4.	Εξέλιξη του περιεχομένου των οστών σε ιχνοστοιχεία από την ηλικία των 16 ετών έως την ηλικία των 18 ετών.....	28
Σχήμα 5.	Εξέλιξη του περιεχομένου των οστών σε ιχνοστοιχεία από την ηλικία των 16 ετών έως την ηλικία των 18 ετών.....	29
Σχήμα 6.	Εξέλιξη του περιεχομένου των οστών σε ιχνοστοιχεία από την ηλικία των 16 ετών έως την ηλικία των 18 ετών.....	30
Σχήμα 7.	Σύγκριση του περιεχομένου των οστών σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία μεταξύ του υπό μελέτη αθλητή και των υπολοίπων μελών της οικογένειας.....	32
Σχήμα 8.	Σύγκριση του περιεχομένου των οστών σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία μεταξύ του υπό μελέτη αθλητή και των υπολοίπων μελών της οικογένειας.....	33
Σχήμα 9.	Σύγκριση του περιεχομένου των οστών σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία μεταξύ του υπό μελέτη αθλητή και των υπολοίπων μελών της οικογένειας.....	34
Σχήμα 10.	Σύγκριση του περιεχομένου των οστών σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία μεταξύ του υπό μελέτη αθλητή και των υπολοίπων μελών της οικογένειας.....	35
Σχήμα 11.	Σύγκριση του περιεχομένου των οστών σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία μεταξύ του υπό μελέτη αθλητή και των υπολοίπων μελών της οικογένειας.....	36
Σχήμα 12.	Σύγκριση του περιεχομένου των οστών σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία μεταξύ του υπό μελέτη αθλητή και των υπολοίπων μελών της οικογένειας.....	37

Σχήμα 13.	Σχέση του ύψους άλματος με φορτίο.....	39
Σχήμα 14.	Σχέση της δύναμης άλματος με φορτίο.....	40
Σχήμα 15.	Σχέση της ταχύτητας άλματος με φορτίο.....	41
Σχήμα 16.	Σχέση της ισχύος άλματος με φορτίο.....	42
Σχήμα 17.	Σχέση της δύναμης στην κωπηλατική με φορτίο.....	43
Σχήμα 18.	Σχέση της ταχύτητας στην κωπηλατική με φορτίο.....	44
Σχήμα 19.	Σχέση της ισχύος στην κωπηλατική με φορτίο.....	45
Σχήμα 20.	Εξέλιξη της επίδοσης στο κάθετο άλμα από ημικάθισμα.....	46
Σχήμα 21.	Εξέλιξη της επίδοσης στο κάθετο άλμα με ταλάντευση.....	47
Σχήμα 22.	Εξέλιξη της επίδοσης στο άλμα μετά από πτώση.....	48

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ολυμπιακή ιστιοπλοΐα είναι ένα ανταγωνιστικό ιστιοπλοϊκό άθλημα που απαιτεί εξαιρετικά υψηλά επίπεδα σωματικής προετοιμασίας και τεχνικής επάρκειας, ώστε να μπορεί να εκτελείται επιτυχώς. Οι μηχανικές και φυσιολογικές απαιτήσεις για τους ιστιοπλόους αυτούς, εξαρτώνται και από τις επικρατούσες συνθήκες ανέμου και τυχόν κυματισμού. Οι ελίτ αθλητές λαμβάνουν μέρος σε αγώνες που διαρκούν 5-7 ημέρες, παίρνοντας μέρος σε 2-3 κούρσες ημερησίως και συνήθως ολοκληρώνουν 12-13 κούρσες που διαρκούν από 20' έως 60', ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες, (Schultz et al., 2016). Η Ολυμπιακή ιστιοσανίδα είναι ένα θαλάσσιο σπορ που συνδυάζει windsurfing και ιστιοπλοΐα (Sedlaczek, 2009). Η πρακτική της εξαρτάται από τρεις βασικές προϋποθέσεις: τον αθλητή, το περιβάλλον και τον εξοπλισμό (Resende, 2011).

Η απόδοση στην Ολυμπιακή ιστιοσανίδα, σχετίζεται άμεσα με την ικανότητα του αθλητή να ξεπεράσει τις εξωτερικές δυνάμεις που εφαρμόζονται από την σανίδα και το πανί, που αποτελούν τον απαραίτητο εξοπλισμό κάθε ιστιοπλόου-αθλητή (Castagna et al., 2007). Βασική δεξιότητα της Ολυμπιακής ιστιοσανίδας είναι το τράβηγμα του πανιού που έχει παρόμοιες απαιτήσεις πρόσληψης οξυγόνου σε σύγκριση με αθλήματα όπως ο ανώμαλος δρόμος και η κωπηλασία. Αντιθέτως η πλεύση χωρίς τράβηγμα του πανιού, αποδείχθηκε ότι είναι σωματική δραστηριότητα χαμηλής ενεργειακής απαίτησης (Vogiatis et al., 2002). Οι τιμές καρδιακής συχνότητας που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια του αγώνα είναι πάνω από το 85% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας (Castagna et al., 2007) και είναι αντίστοιχες αυτών που καταγράφονται σε αγωνίσματα αντοχής του στίβου, την κωπηλασία ή το τρίαθλο (Galy et al., 2003). Αντίστοιχα, παρατηρείται μέτρια έως υψηλή ενεργοποίηση του μεταβολικού μονοπατιού της γαλακτικής γλυκόλυσης, όπως αυτή αξιολογείται από τη συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα (3-14 mmol/l) (Castagna et al., 2007; Castagna et al., 2008).

Οι υψηλές φυσικές απαιτήσεις της Ολυμπιακής ιστιοσανίδας επιβεβαιώνονται εν μέρη και από τη συχνότητα μυοσκελετικών τραυματισμών. Ο κίνδυνος τραυματισμού είναι αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης μεταξύ των φυσικών, τεχνικών και πνευματικών ικανοτήτων του ιστιοπλόου και του περιβάλλοντος. Η οσφυϊκή και η θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης, όπως και τα γόνατα τραυματίζονται συχνότερα. Η κακή τεχνική και η ανεπαρκής αντοχή των ποδιών δείχνει να ευθύνεται για τους τραυματισμούς στα

γόνατα. Οι χρόνιοι τραυματισμοί στην πλάτη μπορεί να σχετίζονται με την παρατεταμένη λόρδωση κατά τη διάρκεια του τραβήγματος. Η εκμάθηση των σωστών τεχνικών και η ενδυνάμωση των μυϊκών ομάδων υψηλού κινδύνου (συνεργών και σταθεροποιητών), επιβάλλεται (Vernon et al., 2009). Οι τραυματισμοί στην ιστιοσανίδα παρουσιάζουν μία υψηλή συχνότητα νέων και επαναλαμβανόμενων μυϊκών τραυματισμών. Οι μύες της πλάτης και η οσφυϊκή περιοχή είναι συνηθισμένα πεδία ενοχλήσεων, κάτι που υποδεικνύει την ανάγκη για μέτρα πρόληψης (Dyson et al., 2006). Οι πιο σοβαροί τραυματισμοί που αναφέρθηκαν σε μελέτη με 73 αθλητές ήταν: κακώσεις μαλακών μορίων (29%), τσιμπήματα μεδουσών (26%), εκδορές (23%) και μυϊκά τραβήγματα (16%). Ο συνολικός δείκτης τραυματισμών ήταν 0,22 ανά 1.000 ώρες προπόνησης (McCormick & Davis, 1988). Οι Nathanson & Reinert (1999), αναφέρουν διαστρέμματα (26%), μώλωπες (16%) και κατάγματα οστών (14%). Οι Schultz et al. (2016), διαπίστωσαν ότι οι τραυματισμοί της σπονδυλικής στήλης αντιπροσωπεύουν το 45-53% του συνόλου των τραυματισμών και ακολουθούνται από τραυματισμούς στα γόνατα σε ποσοστό 23%.

Η σύσταση σώματος αποτελεί σημαντικό παράγοντα διατήρησης της βελτίωσης της υγείας των ανθρώπων καθώς επίσης και μεγιστοποίησης της φυσικής απόδοσης (WHO, 2013; Esco et al., 2018; Sporis et al., 2011) και αξιολογείται με παραμέτρους όπως το σωματικό βάρος, το ποσοστό σωματικού λίπους και η άλιπη σωματική μάζα. Στα στάδια ανάπτυξης σημειώνονται σημαντικές αλλαγές στις παραμέτρους της σύστασης σώματος οι οποίες επιδέχονται και προπονητικών προσαρμογών (Αυλωνίτη, 2020). Καθώς τα παιδιά ωριμάζουν αυξάνεται το βάρος και το ύψος τους και ραγδαία αύξηση της μυϊκής μάζας παρατηρείται στα αγόρια κατά την εφηβεία και μετά από αυτή, οπότε και ωριμάζει το ενδοκρινικό σύστημα (Αυλωνίτη, 2020; Vogler et al, 1985; Faigenbaum et al., 2009). Από την άλλη το σωματικό λίπος δύναται να αυξηθεί και από τη διατροφή, αφού η κατανάλωση τροφής η οποία υπερκαλύπτει τις ανάγκες των αθλητών μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της εναπόθεσης λιπώδους ιστού. Τα περισσότερα αθλήματα έχουν υψηλές απαιτήσεις μυϊκής δύναμης και ισχύος, γεγονός που συνδέεται άμεσα με την αυξημένη μυϊκή μάζα και τη μειωμένη ανάγκη για σωματικό λίπος (Sheppard et al., 2008). Η ολυμπιακή ιστιοσανίδα περιλαμβάνει το τράβηγμα του πανιού (rumping) κατά τη διάρκεια ενός αγώνα, γεγονός που αυξάνει τις απαιτήσεις για τη φυσική κατάσταση των αθλητών (Vogiatzis et al., 2002). Οι απότομες κινήσεις που απαιτεί το τράβηγμα του πανιού υποδεικνύουν την απαίτηση για υψηλή μυϊκή μάζα και μυϊκή ισχύ στους αθλητές,

γεγονός που σχετίζεται με τη σύσταση σώματος αυτών. Ωστόσο, δεν υπάρχουν βιβλιογραφικά δεδομένα για την ιδανική σύσταση σώματος των αθλητών ολυμπιακής ιστιοσανίδας.

Στη σύγχρονη εποχή δίνεται η δυνατότητα για συμμετοχή σε πληθώρα αθλημάτων κατά τα στάδια ανάπτυξης και έχει πραγματοποιηθεί πληθώρα μελετών στο ερευνητικό πεδίο της προσαρμογής των οστών λόγω της συστηματικής συμμετοχής στα διάφορα αθλήματα. Τα αθλήματα που έχουν μελετηθεί περισσότερο είναι το ποδόσφαιρο, η ποδηλασία και η κολύμβηση. Ενώ διαθέσιμα ερευνητικά δεδομένα προκύπτουν από τα αθλήματα της γυμναστικής, της πετοσφαίρισης και της καλαθοσφαίρισης. Τα αθλήματα χαρακτηρίζονται ως οστεογενή ή μη οστεογενή ή ως αθλήματα που προάγουν την οστική κατάσταση σε συγκεκριμένα σημεία του σώματος (Vlachopoulos et al., 2015; Vlachopoulos et al., 2017). Για παράδειγμα στα οστεογενή αθλήματα συγκαταλέγεται το ποδόσφαιρο το οποίο έχει μελετηθεί περισσότερο από οποιοδήποτε άλλο άθλημα και έχει διαπιστωθεί πως προκαλεί οστικές προσαρμογές, λόγω των υψηλών δυνάμεων φόρτισης που πραγματοποιούνται κατά τις προπονήσεις και τους αγώνες (Rodriguez et al., 2004; Ara et al., 2015; Vlachopoulos et al., 2017). Παρόμοια είναι τα αποτελέσματα και σε αθλήματα όπως η πετοσφαίριση, η καλαθοσφαίριση και η ρυθμική γυμναστική (Zouch et al., 2015; Tournis et al., 2010). Αντίθετα αθλήματα όπως η ποδηλασία και η κολύμβηση θεωρούνται ως μη οστεογενή, καθώς μελέτες αποδεικνύουν τη χαμηλή οστική πυκνότητα σε όλο το σώμα και στο ισχίο (Stewart et al., 2000; Duncan et al., 2002; Vlachopoulos et al., 2015; Vlachopoulos, 2017). Ωστόσο, σε πρόσφατη μελέτη των Vlachopoulos et al. (2018) διαπιστώθηκε πως η συμπληρωματική πλειομετρική προπόνηση, στα μη οστεογενή αθλήματα, μπορεί να προκαλέσει επιθυμητές οστικές προσαρμογές. Στο άθλημα της ολυμπιακής ιστιοσανίδας δεν υπάρχει η δύναμη της βαρύτητας και οι δυνάμεις που ενδεχομένως συμβάλλουν στην οστική ανάπτυξη είναι οι κραδασμοί λόγω του κυματισμού και το τράβηγμα του πανιού όπου παρατηρείται μετάδοση των μηχανικών πιέσεων μέσω του μυϊκού συστήματος στο οστό (Ren et al., 2015; Hart et al., 2017). Είναι χαρακτηριστικό πως δεν υπάρχουν δεδομένα στη βιβλιογραφία για την οστική κατάσταση που επικρατεί στους αθλητές ολυμπιακής ιστιοσανίδας και τον πιθανό κίνδυνο μειωμένης οστικής μάζας που μπορεί να βρίσκονται.

Συμπερασματικά η Ολυμπιακή ιστιοσανίδα είναι ένα θαλάσσιο σπορ που συνδυάζει windsurfing και ιστιοπλοΐα. Η πρακτική της εξαρτάται από τρεις βασικές

προϋποθέσεις: τον αθλητή, το περιβάλλον και τον εξοπλισμό. Η φυσική κατάσταση και η μυϊκή δύναμη είναι σημαντικές παράμετροι απόδοσης. Απαιτείται σύσταση σώματος με αυξημένη άλιπη σωματική μάζα και μειωμένο σωματικό λίπος. Εφαρμόζονται δυνάμεις σε όλες τις κατευθύνσεις και σε όλο το σώμα και αυτό είναι πολύ πιθανό να επηρεάζει την οστική πυκνότητα του αθλητή. Μπορεί να θεωρηθεί ως ένα άθλημα αντοχής, υψηλής έντασης, όπως η κωπηλασία, ο μαραθώνιος ή το τρίαθλο. Το τράβηγμα του πανιού είναι ο κρίσιμος παράγοντας που καθορίζει αυτή την υψηλή ένταση. Το γεγονός ότι μία τυπική διοργάνωση ιστιοσανίδας, περιλαμβάνει πολλές κούρσες για αρκετές ημέρες, επιβάλλει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην προπονητική στρατηγική και στο νερό, αλλά και εκτός νερού, όπως και στη διατροφική επάρκεια του αθλητή. Ο κίνδυνος τραυματισμού είναι αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης μεταξύ των φυσικών, τεχνικών και πνευματικών ικανοτήτων του ιστιοπλόου και του περιβάλλοντος.

Από την έως τώρα βιβλιογραφία προκύπτει πως η κατάσταση των οστών και η σύσταση σώματος επηρεάζονται από τη συμμετοχή στα αθλήματα προκαλώντας ειδικές ως προς το άθλημα προσαρμογές (Vlachopoulos et al., 2017). Ορισμένα αθλήματα φαίνεται πως προάγουν την οστική πυκνότητα για παράδειγμα το ποδόσφαιρο, ενώ άλλα όχι, όπως η κολύμβηση (Vlachopoulos et al., 2017). Δεδομένου ότι η άσκηση στην παιδική και εφηβική ηλικία επηρεάζει την οστική πυκνότητα και τη μέγιστη οστική μάζα αποκτά ενδιαφέρον η μελέτη των ασκησιογενών προσαρμογών σε όλα τα αθλήματα (Tournis et al., 2010; Vlachopoulos et al., 2017). Παρά το γεγονός πως στην ιστιοσανίδα εφαρμόζονται δυνάμεις σε όλες τις κατευθύνσεις και σε όλο το σώμα δεν έχει μελετηθεί ποτέ η επίδραση της συμμετοχής στο άθλημα της ιστιοσανίδας στην οστική πυκνότητα και τη σύσταση σώματος.

1.1. Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της έρευνας είναι να εξετάσει και να καταγράψει τις μεταβολές που καταγράφονται στη φυσική κατάσταση, στην απόδοση, στη σύσταση σώματος, στην οστική πυκνότητα όλου του σώματος, των ισχίων και της σπονδυλικής στήλης, σε έφηβο αθλητή ιστιοσανίδας παγκοσμίου επιπέδου.

1.2. Ερευνητικές υποθέσεις

Ο υπό μελέτη αθλητής είχε την πρώτη του μέτρηση στην ηλικία των 16 ετών. Χρονική στιγμή στην οποία τείνει να ολοκληρώσει την ωρίμανσή του και σε συνδυασμό με το ότι υλοποιεί προπονητικά προγράμματα με σταδιακή υψηλότερη εξωτερική επιβάρυνση εκτιμάται πως: με το πέρας των τριών χρόνων θα υπάρξει βελτίωση στις επιδόσεις δύναμης, ισχύος και αντοχής και ενδεχομένως αύξηση της οστικής πυκνότητας και της άλιπης σωματικής μάζας.

1.3. Οριοθετήσεις και Περιορισμοί

Η μεταπτυχιακή διατριβή αφορά σε μελέτη περίπτωσης, αθλητή με μετάλλια σε παγκόσμια πρωταθλήματα και για τον έλεγχο των παραγόντων που επιδρούν στις υπό εξέταση μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν τα μέλη της οικογενείας του. Ως εκ τούτου τα αποτελέσματα δεν μπορούν να γενικευθούν και να παρουσιασθούν ως προσαρμογές από τη συμμετοχή στο άθλημα της ιστιοσανίδας. Ακόμη, οι μετρήσεις δεν πραγματοποιήθηκαν, από χρονιά σε χρονιά, ακριβώς στο ίδιο σημείο του προπονητικού σχεδιασμού.

1.4. Ορισμοί και Συντομογραφίες

Ιστιοσανίδα : ειδική σανίδα σκάφος που επιπλέει και κινείται με την βοήθεια ενός ελεύθερου πανιού.

Δύναμη : Η φυσική ικανότητα που αποτελεί την βάση για μυϊκές επιδόσεις

Ισχύς: το έργο που παράγεται από έναν μυ ή μία ομάδα μυών στην μονάδα του χρόνου

Αντοχή : η ικανότητα διατήρησης μιας συγκεκριμένης απόδοσης για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο διάστημα

Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου : Ο μεγαλύτερος όγκος οξυγόνου που μπορούν να προσλάβουν τα μυϊκά κύτταρα στη μονάδα του χρόνου για την παραγωγή ενέργειας

Οστική μάζα : η ποσότητα οστικού ιστού στον σκελετό

Οστική πυκνότητα : η ορυκτή μάζα ανά μονάδα όγκου των οστών

Σύσταση σώματος – η ποσοτική συμμετοχή της κυτταρικής μάζας, της μυϊκής μάζας, του σωματικού λίπους, του νερού, των ανόργανων στοιχείων των οστών και η κατανομή τους σε όλο το σώμα

ISAF: International Sailing Federation

Od: OIne design

mmol/L: Χιλιοστογραμμομόρια ανά λίτρο

R: Αναπνευστικό πηλίκιο

L/min: Λίτρα ανά λεπτό

ml/kg/min: Χιλιόλιτρα ανά κιλό σωματικού βάρους, ανά λεπτό

b/min: Παλμοί ανά λεπτό

LT1: Κατώφλι γαλακτικού

OBLA – LT2: Σημείο έναρξης συσσώρευσης γαλακτικού

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1. Δείγμα

Στη μελέτη εξετάστηκε Έλληνας αθλητής ολυμπιακής ιστιοσανίδας υψηλού επιπέδου ηλικίας σήμερα 19 ετών, ο οποίος ξεκίνησε την ενασχόλησή του με το άθλημα στην ηλικία των 9 ετών. Από το 2012 σε ηλικία 11 ετών και μέχρι σήμερα έχει αγωνιστεί σε παγκόσμια και ευρωπαϊκά πρωταθλήματα κατακτώντας την 1^η έως 6^η θέση σε παγκόσμια πρωταθλήματα- κύπελλα (1^η το 2015, 2^η το 2016 και 2017 3^η θέση το 2017, 4^η θέση το 2019, 5^η θέση το 2014 και 6^η το 2018) και τη 2^η έως 6^η σε πανευρωπαϊκά πρωταθλήματα (2^η θέση τα έτη 2014, 2015 και 2020, 3^η θέση το έτος 2017, 5^η θέση τα έτη 2018 και 2019 και 6^η θέση το έτος 2016). Για την εξέταση των ερευνητικών υποθέσεων και για τον έλεγχο της επίδρασης του αθλήματος και εν μέρει της κληρονομικότητας, στη μελέτη συμμετείχαν ο μεγαλύτερος αδελφός του αθλητή, ο οποίος ήταν αθλητής ποδοσφαίρου, ο αμέσως μικρότερος αδερφός, ο οποίος ήταν αθλητής ιστιοσανίδας με παρόμοιες διακρίσεις, αλλά είχε σταματήσει την ενασχόλησή του με το εν λόγω άθλημα 2 χρόνια πριν τη μέτρηση και ο πατέρας του, ο οποίος ήταν αθλητής πετοσφαίρισης.

2.2. Πειραματικός σχεδιασμός

Ο αθλητής αξιολογήθηκε στη σύσταση σώματος, στην οστική πυκνότητα και υποβλήθηκε σε δοκιμασία προοδευτικά αυξανόμενης έντασης σε κωπηλατοεργόμετρο και στο κάθετο άλμα (χωρίς υποχωρητική φάση, με ταλάντευση και μετά από πτώση) στην ηλικία των 16, 17 και 18 ετών περίπου. Ακόμη, αξιολογήθηκε η δύναμη και η παραγόμενη μηχανική ισχύς στις ασκήσεις κατακόρυφο άλμα (χωρίς υποχωρητική φάση, με ταλάντευση και μετά από πτώση), κατακόρυφο άλμα με προοδευτικά αυξανόμενο φορτίο και κωπηλατική από οριζόντια θέση με προοδευτικά αυξανόμενο φορτίο στην ηλικία των 17 και 18 ετών. Για την εξέταση της επίδρασης του αθλήματος αξιολογήθηκαν τα δύο αδέρφια του υπό εξέταση αθλητή μία φορά ο κάθε ένας στην ηλικία στις μεταβλητές της σύστασης σώματος και της οστικής πυκνότητας. Για την εν μέρει εξέταση της κληρονομικότητας εξετάστηκε ο πατέρας του αθλητή ως προς τις παραμέτρους της σύστασης σώματος και της οστικής πυκνότητας.

2.3. Περιγραφή μετρήσεων και όργανα μέτρησης

2.3.1. Αξιολόγηση σύστασης σώματος με τη μέθοδο απορροφησιμετρίας ακτίνων Χ διπλής ενέργειας (DXA)

Η αξιολόγηση της σύστασης σώματος πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της απορροφησιμετρίας ακτίνων Χ διπλής ενέργειας (DXA). Η τεχνολογία εφαρμογής της στηρίζεται στη διαφορετική απορροφησιμότητα των δύο ακτίνων Χ από τα μαλακά μόρια του σώματος και τα οστικά άλατα. Η μέθοδος βασίζεται στην αρχή της διαφορετικής, εκθετικής εξασθένισης της προσπίπτουσας δέσμης των δύο διαφορετικών ενεργειακών επιπέδων ακτίνων Χ. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε το μηχάνημα Lunar DPX-NT (GE Healthcare, Diegem, Belgium) και η ακτινοβολία που δέχθηκε ο αθλητής ήταν 1-10 μSv , η οποία είναι χαμηλότερη από τη μέση ημερήσια ακτινοβολία που εκτίθεται ο καθένας (Damilakis et al., 2013; Njeh et al., 1999).

Απαραίτητες προϋποθέσεις για την αξιολόγηση της σύστασης σώματος ήταν η ολονύκτια νηστεία. Οι συμμετέχοντες στη μελέτη προσέρχονταν με ελαφρύ ρουχισμό (σορτσάκι και κοντομάνικη μπλούζα) και χωρίς να φέρουν μεταλλικά αντικείμενα. Στην συνέχεια τοποθετούνταν σε ύπτια θέση στο μηχάνημα χωρίς υποδήματα, ώστε να εφάπτονται οι γλουτοί στη έδρα του μηχανήματος και τα πόδια ενώνονταν ώστε να εφάπτονται οι αστράγαλοι. Στην πορεία τοποθετούνταν ζώνες περιίδεσης γύρω από τα γόνατα και τους αστραγάλους για τη σταθεροποίηση των κάτω άκρων και τοποθετούσε τα χέρια τεντωμένα δίπλα στον κορμό. Αφού βρισκόταν σε ύπτια οριζόντια θέση, όπως προτείνει ο κατασκευαστής, ξεκινούσε η σάρωση στο σύνολο του σώματος.

2.3.2. Αξιολόγηση οστικής πυκνότητας με τη μέθοδο DXA

Αξιολογήθηκαν η οστική μάζα και οστική πυκνότητα όλου του σώματος και οι αντίστοιχες τιμές στο ισχίο και τη σπονδυλική στήλη. Η αξιολόγηση της οστικής πυκνότητας και περιεκτικότητας σε μέταλλα του συνόλου του σώματος πραγματοποιούνταν ταυτόχρονα με την αξιολόγηση της σύστασης σώματος όπως περιεγράφηκε προηγουμένως. Για την αξιολόγηση της οστικής κατάστασης της σπονδυλικής στήλης, το εξεταζόμενο άτομο, αφού είχε ολοκληρώσει την ολική σάρωση για τη σύσταση σώματος, σήκωνε τα πόδια για την τοποθέτηση ειδικού κουτιού, το οποίο εφάπτονταν στους γλουτούς και του οπίσθιους μηριαίους δημιουργώντας ορθή γωνία

στην άρθρωση των ισχίων. Πάνω στο κουτί τοποθετούνταν τα πόδια, ώστε να εφάπτονται οι γαστροκνήμιοι και να δημιουργείται ορθή γωνία της άρθρωσης του γόνατος και η σπονδυλική στήλη να εφάπτεται ολόκληρη στην επιφάνεια ανάκλισης του μηχανήματος. Στην πορεία ο δρομέας του ανιχνευτή του μηχανήματος τοποθετούνταν δύο εκατοστά κάτω από τον ομφαλό και ξεκινούσε η μέτρηση. Η αξιολόγηση της οστικής κατάστασης των ισχίων πραγματοποιούνται μετά από εκείνη της σπονδυλικής στήλης, οπότε το κάθε άτομο ήταν πάλι σε ύπτια θέση στο μηχάνημα. Για τη σταθερότητα των ποδιών τοποθετούνταν ισοσκελές τραπέζιο ανάμεσα στο πόδια στο ύψος των αστραγάλων, πάνω στο οποίο προσδένονταν τα πέλματα με ζώνη δεσίματος, ώστε να δημιουργηθεί έσω στροφή του ισχίου. Ο δρομέας του ανιχνευτή του μηχανήματος τοποθετούνταν πάνω στο μηρό στο ύψος της βουβωνικής περιοχής, ώστε να πραγματοποιηθεί η μέτρηση.

2.3.3. Δοκιμασία προοδευτικά αυξανόμενης έντασης έως την εξάντληση

Για τη μέτρηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου και για την εύρεση της σχέσης της συγκέντρωσης του γαλακτικού στο αίμα με την επιβάρυνση πραγματοποιήθηκε δοκιμασία προοδευτικά αυξανόμενης έντασης έως την εξάντληση σε κωπηλατοεργόμετρο (Concept 2) με τη φτερωτή στη θέση 6. Η αρχική επιβάρυνση ήταν τα 130 Watt και αυξάνονταν κατά 25 Watt κάθε 3 λεπτά.

Σε όλη τη διάρκεια τη δοκιμασίας γίνονταν συνεχής μέτρηση της κατανάλωσης οξυγόνου με εργοσπιρόμετρο SensorMedics Vmax 229 και της καρδιακής συχνότητας με φορητό καρδιοσυχνόμετρο (Polar S800). Οι αναλυτές αερίων εργοσπιρομέτρου βαθμονομούνταν πριν από κάθε δοκιμασία με τη χρήση αερίων γνωστής ποσοστιαίας συγκέντρωσης O₂ και CO₂ με βάση της οδηγίες του κατασκευαστή. Επίσης, πριν από κάθε δοκιμασία γίνονταν βαθμονόμηση του ροόμετρου του εργοσπιρομέτρου με τη χρήση σύριγγας όγκου 3L με βάση τις οδηγίες του κατασκευαστή. Ως μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου λήφθηκε η μέγιστη τιμή της κατανάλωσης O₂ σε χρονικό διάστημα 30 sec, ως KΣmax η μέγιστη τιμή της καρδιακής συχνότητας που καταγράφηκε, ενώ μέγιστη αερόβια ισχύς η ταχύτητα του τελευταίου σταδίου που ολοκλήρωσε ο κάθε δοκιμαζόμενος. Αν ο δοκιμαζόμενος δεν ολοκλήρωσε το στάδιο τότε η μέγιστη αερόβια ισχύς υπολογιζόταν με βάση τον τύπο:

Μέγιστη αερόβια ισχύς = Ταχύτητα τελευταίου ολοκληρωμένου σταδίου + Χρόνος άσκησης (sec) τελευταίου σταδίου / 180.

Στο τέλος τρίλεπτου σταδίου λαμβανόταν δείγμα αίματος από τη ρόγα του δαχτύλου για τη μέτρηση την άμεση μέτρηση της συγκέντρωσης του γαλακτικού με φορητό αναλυτή (Lactate Pro 2, Arkray Factory Inc., Japan) με ενζυματική – αμπερομετρική μέθοδο. Με βάση την εκθετική σχέση μεταξύ της συγκέντρωσης του γαλακτικού και της ταχύτητας τρεξίματος ($y = y_0 + a \times e^{ταχ./b}$), ως ισχύς στο κατώφλι γαλακτικού και στο σημείο έναρξης συσσώρευσης γαλακτικού ορίστηκαν οι τιμές ισχύος που αντιστοιχούν σε συγκεντρώσεις γαλακτικού υψηλότερες κατά 0,3 mMol/L και 1,5 mMol/L, αντίστοιχα, από τις τιμές βάσης. Επίσης, το κατώφλι γαλακτικού και το σημείο έναρξης συσσώρευσης γαλακτικού εκφράστηκαν και σε τιμές οξυγόνου (ml/kg/min) και καρδιακής συχνότητας (b/min) βάση των γραμμικών σχέσεων της κατανάλωσης οξυγόνου και της καρδιακής συχνότητας με τη μηχανική ισχύ.

2.3.4. Αξιολόγηση μυϊκής ισχύος άνω και κάτω άκρων

Στα πλαίσια του ελέγχου της διαχρονικής εξέλιξης της απόδοσης του αθλητή αξιολογήθηκαν το κατακόρυφο άλμα χωρίς υποχωρητική φάση, με ταλάντευση και μετά από πτώση από πλινθίο 40 εκ. Στο κατακόρυφο άλμα χωρίς υποχωρητική φάση ο αθλητής ερχόταν στη θέση ημικαθίσματος και παρέμενε σε αυτή τη θέση για τρία περίπου δευτερόλεπτα και στη συνέχεια εκτελούσε τη θετική φάση του άλματος. Στο άλμα με ταλάντευση ο δοκιμαζόμενος από την όρθια θέση και τα χέρια στη μεσολαβή, εκτελούσε ελεύθερα κίνηση προς τα κάτω μέχρι τη θέση του ημικαθίσματος και στη συνέχεια εκτελούσε κίνηση προς τα επάνω. Για τη μέτρηση του κατακόρυφου άλμα το χωρίς υποχωρητική φάση και του άλματος με ταλάντευση καταγράφηκε ο χρόνος πτήσης του άλματος με σύστημα οπτικής συλλογής δεδομένων (Ortojump Next, Microgate S.r.l., Italy) με ακρίβεια χιλιοστού του δευτερολέπτου (1/1000s).

Για την εκτέλεση του άλματος μετά από πτώση ο εξεταζόμενος βρισκόταν επάνω σε πλινθίο ύψους 40 εκ. με τα χέρια στη μεσολαβή και το ένα πόδι σε μικρή προβολή. Από αυτή τη θέση έπεφτε από το πλινθίο και εκτελούσε άλμα μετά την επαφή με το έδαφος. Δίδονταν η οδηγία το άλμα να εκτελείται ‘ψηλά και γρήγορα’. Δηλαδή, σε κάθε άλμα ο δοκιμαζόμενος προσπαθούσε να συνδυάσει το μέγιστο δυνατό ύψος άλματος με το μικρότερο δυνατό χρόνο επαφής με το έδαφος. Σε κάθε άλμα καταγράφηκε ο χρόνος επαφής με το έδαφος και ο χρόνος πτήσης με ακρίβεια χιλιοστού του δευτερολέπτου (1/1000s) με σύστημα συλλογής οπτικών δεδομένων.

Το σύστημα OrtoJump (Microgate S.r.l., Italy) αποτελείται από δύο μπάρες με ενσωματωμένα ηλεκτρονικά συστήματα (μεγέθους 100 x 4 x 3 cm), η μια με τη μονάδα ελέγχου και λήψης σήματος και η άλλη με τη μονάδα εκπομπής σήματος. Το σύστημα χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με ειδικό λογισμικό για ηλεκτρονικό υπολογιστή (Ortojump next) με το οποίο υπολογίζεται το ύψος του άλματος, με βάση το χρόνο πτήσης. Για τον υπολογισμό χρησιμοποιείται ο μαθηματικός τύπος: $YA = g * \chi\pi^2 / 8$. Όπου YA= ύψος του άλματος (cm), g= η δύναμη της βαρύτητας (9,81) και $\chi\pi$ = χρόνος πτήσης (sec).

Για την αξιολόγηση της ταχοδυναμικής ικανότητας των κάτω άκρων, εκτελέστηκε κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση με εξωτερικό φορτίο προοδευτικά αυξανόμενο, 13, 25, 40, 55 και 65 kg. Για την ταχοδυναμική αξιολόγηση των άνω άκρων εκτελέστηκε οριζόντια κωπηλατική με φορτίο προοδευτικά αυξανόμενο, 20, 30, 40, 50, 60 και 70 kg). Με κάθε φορτίο εκτελέστηκαν 3 επαναλήψεις με διάλειμμα 20 sec. Το διάλειμμα μεταξύ των φορτίων ήταν 3 min. Στην μπάρα με την οποία εκτελέστηκαν οι ασκήσεις προσαρμόστηκε κωδικοποιητής γραμμικής μετακίνησης (MuscleLab, ModelPFMA 3010a, ErgotestA.S., Langensano, Norway) ο οποίος μετέδιδε σήμα κάθε 3 χιλιοστά μετακίνησης και ήταν συνδεδεμένος με υπολογιστή με ειδικό λογισμικό (MuscleLab V7.00). Στο λογισμικό αναγράφονταν το φορτίο με το οποίο εκτελούνταν οι επαναλήψεις και υπολογίζονταν η παραγόμενη δύναμη, η ταχύτητα κίνησης της μπάρας και η παραγόμενη ισχύς σε κάθε επανάληψη. Για την ανάλυση των δεδομένων υπολογίστηκε η μέση τιμή ισχύος από τις δύο καλύτερες επαναλήψεις που εκτελέστηκαν στο κάθε φορτίο στην κάθε άσκηση. Οι παράμετροι οι οποίοι αξιολογήθηκαν στις δύο ασκήσεις ήταν η παραγόμενη δύναμη, η ταχύτητα κίνησης της μπάρας και η παραγόμενη ισχύς και επιπρόσθετα για τα κάτω άκρα αξιολογήθηκε το ύψος άλματος.

2.4. Στατιστική ανάλυση

Η παρούσα διατριβή είχε ως αντικείμενο τη διαχρονική εξέλιξη παραμέτρων που αφορούν στη σύσταση σώματος, στην οστική κατάσταση και στην απόδοση ενός μόνο αθλητή (μελέτη περίπτωσης), υψηλού επιπέδου. Για αυτό τον λόγο οι τιμές παρουσιάζονται ως απόλυτες και δεν πραγματοποιήθηκε κάποια στατιστική ανάλυση. Για τη σύγκριση, στις μεταβλητές σύστασης σώματος και οστικής κατάστασης, με τα υπόλοιπα

μέλη της οικογένειας υπολογίστηκαν οι ποσοστιαίες διαφορές με βάση τις τιμές του υπό εξέταση αθλητή.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η διαχρονική παρακολούθηση της σύστασης σώματος, της οστικής κατάστασης και της απόδοσης αθλητή ιστιοσανίδας υψηλού επιπέδου. Ιδιαίτερα για την οστική κατάσταση ελέγχθηκαν και παράγοντες όπως η κληρονομικότητα (σε ένα μέρος της) και η ενασχόληση με το άθλημα της ιστιοσανίδας. Στα αποτελέσματα παρουσιάζονται αρχικά οι μεταβλητές που αφορούν στη σύσταση σώματος, στη συνέχεια της απόδοσης και στο τέλος της οστικής κατάστασης, στην οποία παρουσιάζονται και τα δεδομένα των υπολοίπων μελών της οικογένειας του υπό παρακολούθηση αθλητή.

3.1. Διαχρονική εξέλιξη της σύστασης σώματος

Στα αποτελέσματα της μελέτης διαπιστώθηκε πως ο αθλητής αύξησε το σωματικό του βάρος κατά περίπου 3 κιλά από τα 16 χρόνια ζωής στα 17. Η αύξηση αυτή οφειλόταν κυρίως στην αύξηση κατά 1,5 κιλό της άλιπης σωματικής μάζας και της αύξησης κατά μία ποσοστιαία μονάδα στο ποσοστό σωματικού λίπους. Από τα 17 έτη στα 18 το σωματικό βάρος μειώθηκε κατά 0,5 κιλό, ενώ η άλιπη σωματική μάζα αυξήθηκε κατά 0,5 κιλό και το ποσοστό σωματικού λίπους μειώθηκε κατά 1,7 ποσοστιαίες μονάδες (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Διαχρονική εξέλιξη των δεικτών σύστασης σώματος.

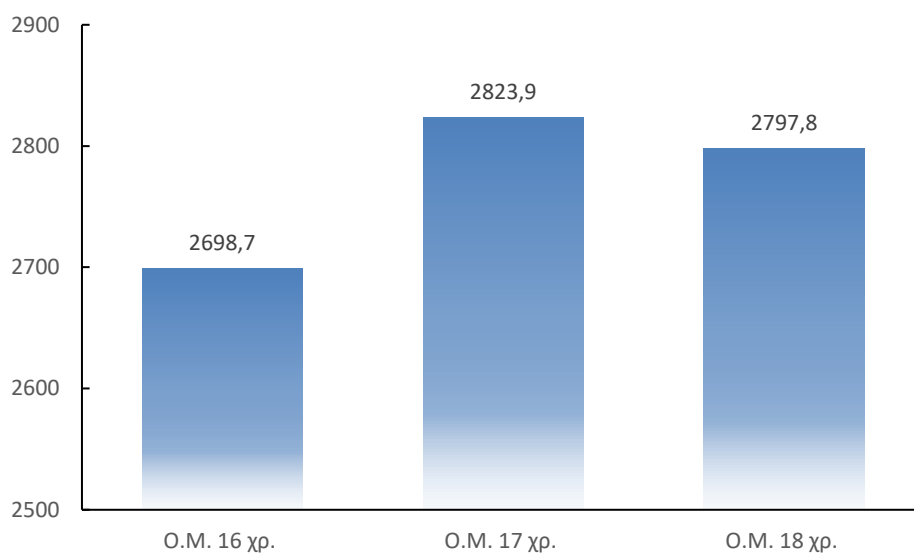
Μεταβλητή	16 ετών	17 ετών	18 ετών
Σωματικό ύψος (m)	1,76	1,78	1,78
Σωματικό βάρος (kg)	59,34	62,2	61,6
Ποσοστό σωματικού λίπους	11,7	12,8	11,1
Άλιπη σωματική μάζα (kg)	50,4	52,1	52,6

3.2. Διαχρονική εξέλιξη της οστικής μάζας όλου του σώματος

Στην αξιολόγηση της οστικής μάζας όλου του σώματος, όπως αυτή εκφράζεται από το περιεχόμενο των οστών σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία, διαπιστώθηκε αύξηση κατά 4,6% από την ηλικία των 16 ετών στην ηλικία των 17 ετών και μείωση κατά 0,92% από την ηλικία των 17 στην ηλικία των 18 ετών. Συνολικά διαπιστώθηκε αύξηση κατά 3,7% από την ηλικία των 16 στην ηλικία των 18 ετών (Πίνακας 2 και Σχήμα 1).

Πίνακας 2. Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση του περιεχομένου των οστών σε ιχνοστοιχεία.

Ηλικία	Από 16 σε 17 ετών	Από 17 σε 18 ετών	Από 16 σε 18 ετών
Ποσοστό Μεταβολής	4,6%	-0.92%	3,7%



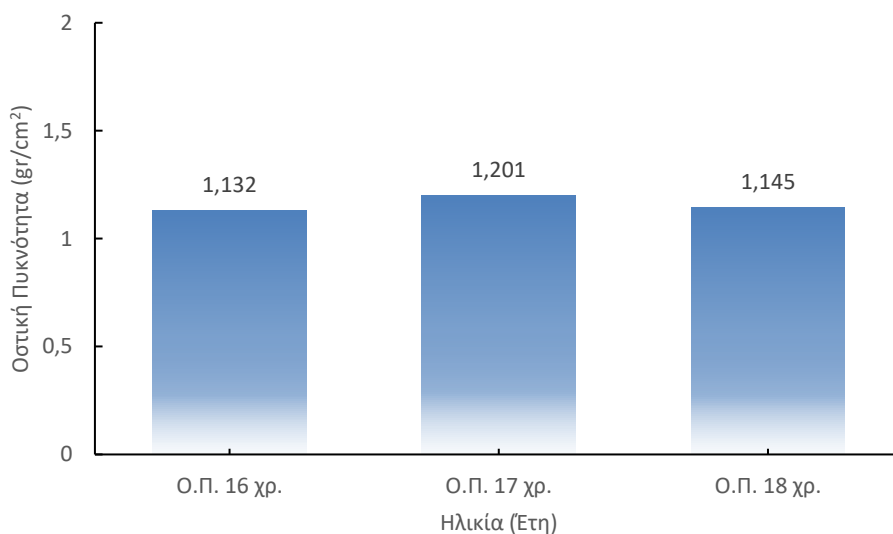
Σχήμα 1. Εξέλιξη του περιεχομένου των οστών σε ιχνοστοιχεία από την ηλικία των 16 ετών έως την ηλικία των 18 ετών.

3.3. Διαχρονική εξέλιξη οστικής πυκνότητας όλου του σώματος

Στην αξιολόγηση της οστικής πυκνότητας όλου του σώματος, όπως αυτή εκφράζεται από το περιεχόμενο των οστών σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία, διαπιστώθηκε αύξηση κατά 6,1% από την ηλικία των 16 ετών στην ηλικία των 17 ετών και μείωση κατά 4,66% από την ηλικία των 17 στην ηλικία των 18 ετών. Συνολικά διαπιστώθηκε αύξηση κατά 1,15% από την ηλικία των 16 στην ηλικία των 18 ετών (Πίνακας 3 και Σχήμα 2).

Πίνακας 3. Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση του περιεχομένου των οστών, σε όλο το σώμα, σε ιχνοστοιχεία.

Ηλικία	Από 16 σε 17 ετών	Από 17 σε 18 ετών	Από 16 σε 18 ετών
Ποσοστό Μεταβολής	6,1%	-4,66	1,15%



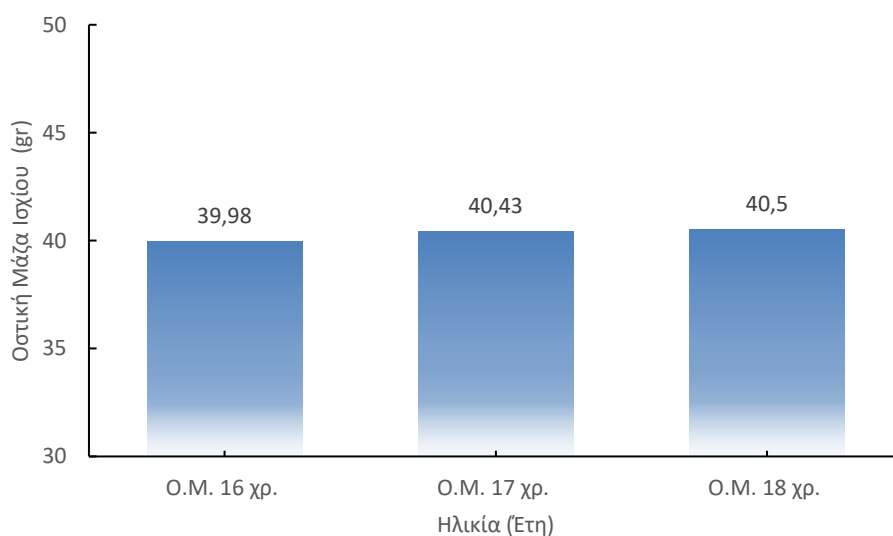
Σχήμα 2. Εξέλιξη του περιεχομένου των οστών, σε όλο το σώμα, σε ιχνοστοιχεία από την ηλικία των 16 ετών έως την ηλικία των 18 ετών.

3.4. Διαχρονική εξέλιξη οστική μάζα ισχίου

Στην αξιολόγηση της οστικής μάζας όλου του ισχίου, όπως αυτή εκφράζεται από το περιεχόμενο των οστών σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία, διαπιστώθηκε αύξηση κατά 1,12% από την ηλικία των 16 ετών στην ηλικία των 17 ετών και αύξηση κατά 0,17% από την ηλικία των 17 στην ηλικία των 18 ετών. Συνολικά διαπιστώθηκε αύξηση κατά 1,30% από την ηλικία των 16 στην ηλικία των 18 ετών (Πίνακας 4 και Σχήμα 3).

Πίνακας 4. Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση του περιεχομένου των οστών, στο ισχίο, σε ιχνοστοιχεία.

Ηλικία	Από 16 σε 17 ετών	Από 17 σε 18 ετών	Από 16 σε 18 ετών
Ποσοστό Μεταβολής	1,12%	0,17%	1,30%



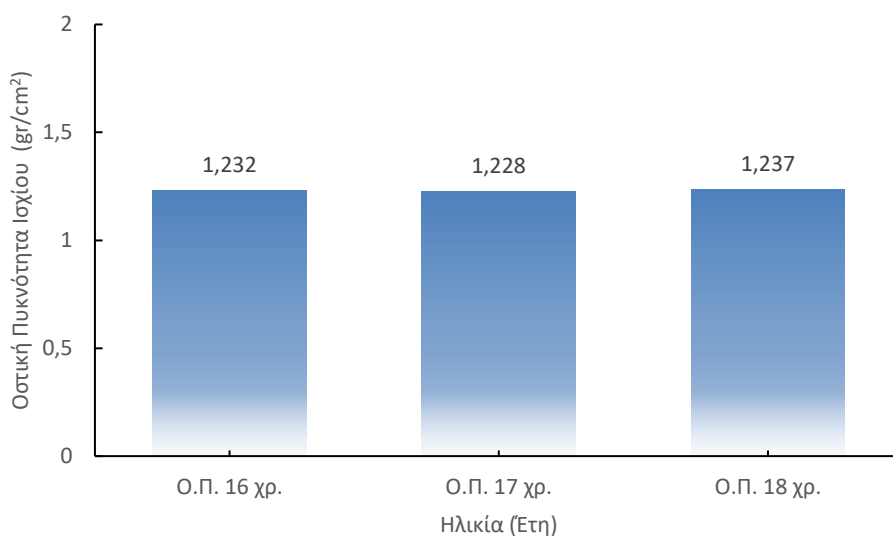
Σχήμα 3. Εξέλιξη του περιεχομένου των οστών σε ιχνοστοιχεία, στο ισχίο, από την ηλικία των 16 ετών έως την ηλικία των 18 ετών.

3.5. Διαχρονική εξέλιξη οστικής πυκνότητας ισχίου

Στην αξιολόγηση της οστικής πυκνότητας όλου του ισχίου, όπως αυτή εκφράζεται από το περιεχόμενο των οστών σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία, διαπιστώθηκε μείωση κατά -0,32% από την ηλικία των 16 ετών στην ηλικία των 17 ετών και αύξηση κατά 0,73% από την ηλικία των 17 στην ηλικία των 18 ετών. Συνολικά διαπιστώθηκε αύξηση κατά 0,40% από την ηλικία των 16 στην ηλικία των 18 ετών (Πίνακας 5 και Σχήμα 4).

Πίνακας 5. Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση στην οστική πυκνότητα του ισχίου.

Ηλικία	Από 16 σε 17 ετών	Από 17 σε 18 ετών	Από 16 σε 18 ετών
Ποσοστό Μεταβολής	0,32%	0,73%	0,40%



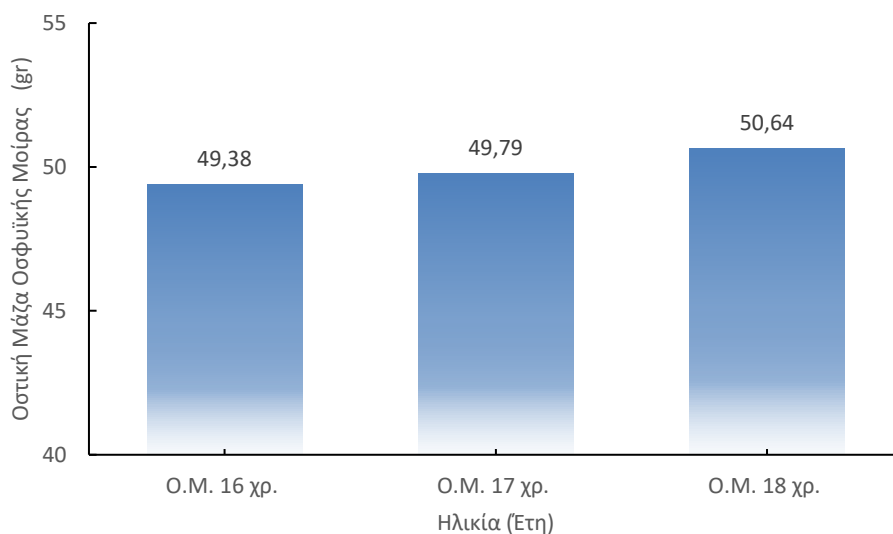
Σχήμα 4. Εξέλιξη της οστικής πυκνότητας στο ισχίο από την ηλικία των 16 ετών έως την ηλικία των 18 ετών.

3.6. Διαχρονική εξέλιξη οστικής μάζας οσφυϊκής μοίρας σπονδυλικής στήλης

Στην αξιολόγηση της οστικής μάζας της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, όπως αυτή εκφράζεται από το περιεχόμενο των οστών σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία, διαπιστώθηκε αύξηση κατά 0,83% από την ηλικία των 16 ετών στην ηλικία των 17 ετών και αύξηση κατά 1,7% από την ηλικία των 17 στην ηλικία των 18 ετών. Συνολικά διαπιστώθηκε αύξηση κατά 2,55% από την ηλικία των 16 στην ηλικία των 18 ετών (Πίνακας 6 και Σχήμα 5).

Πίνακας 6. Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση του περιεχομένου των οστών, στην σπονδυλική στήλη, σε ιχνοστοιχεία.

Ηλικία	Από 16 σε 17 ετών	Από 17 σε 18 ετών	Από 16 σε 18 ετών
Ποσοστό Μεταβολής	0,83%	1,7%	2,55%



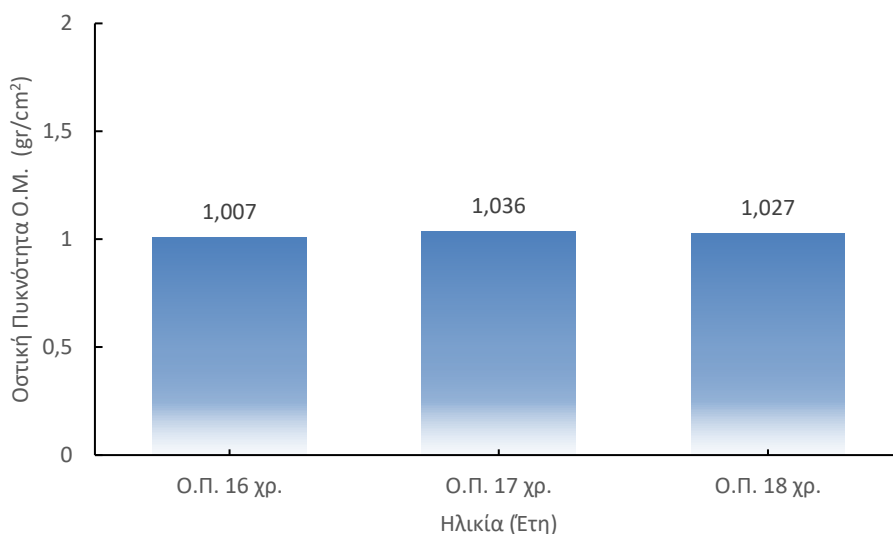
Σχήμα 5. Εξέλιξη του περιεχομένου των οστών σε ιχνοστοιχεία, στην σπονδυλική στήλη, από την ηλικία των 16 ετών έως την ηλικία των 18 ετών.

3.7. Διαχρονική εξέλιξη οστικής πυκνότητας οσφυϊκής μοίρας σπονδυλικής στήλης

Στην αξιολόγηση της οστικής πυκνότητας της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, όπως αυτή εκφράζεται από το περιεχόμενο των οστών σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία, διαπιστώθηκε αύξηση κατά 2,87% από την ηλικία των 16 ετών στην ηλικία των 17 ετών και μείωση κατά -0,86% από την ηλικία των 17 στην ηλικία των 18 ετών. Συνολικά διαπιστώθηκε αύξηση κατά 1,98% από την ηλικία των 16 στην ηλικία των 18 ετών (Πίνακας 7 και Σχήμα 6).

Πίνακας 7. Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση της οστικής πυκνότητας στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης.

Ηλικία	Από 16 σε 17 ετών	Από 17 σε 18 ετών	Από 16 σε 18 ετών
Ποσοστό Μεταβολής	2,87%	-0,86%	1,98%



Σχήμα 6. Εξέλιξη της οστικής πυκνότητας στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης από την ηλικία των 16 ετών έως την ηλικία των 18 ετών.

3.8. Σύγκριση δεικτών σύστασης σώματος του αθλητή με τα υπόλοιπα μέλη της οικογένειας

Στα αποτελέσματα της μελέτης διαπιστώθηκε πως όλοι οι συμμετέχοντες είχαν σχεδόν το ίδιο ύψος σε όρθια θέση. Σε ότι αφορά στο σωματικό βάρος τα αδέρφια είχαν μικρές διαφορές ενώ ο πατέρας τους ήταν κατά 23-27 βαρύτερος από τα παιδιά. Αντίστοιχα στο ποσοστό σωματικού λίπους ήταν 9,5-12,9 στα παιδιά και 26,2% στον πατέρα. Τα αποτελέσματα ήταν παρόμοια και στην άλιπη σωματική μάζα (55,6-57,65 κιλά, στα παιδιά και 66,2 στον πατέρα) (Πίνακας 8).

Πίνακας 8. Σύγκριση των δεικτών σύστασης σώματος του αθλητή με τα υπόλοιπα μέλη της οικογένειας.

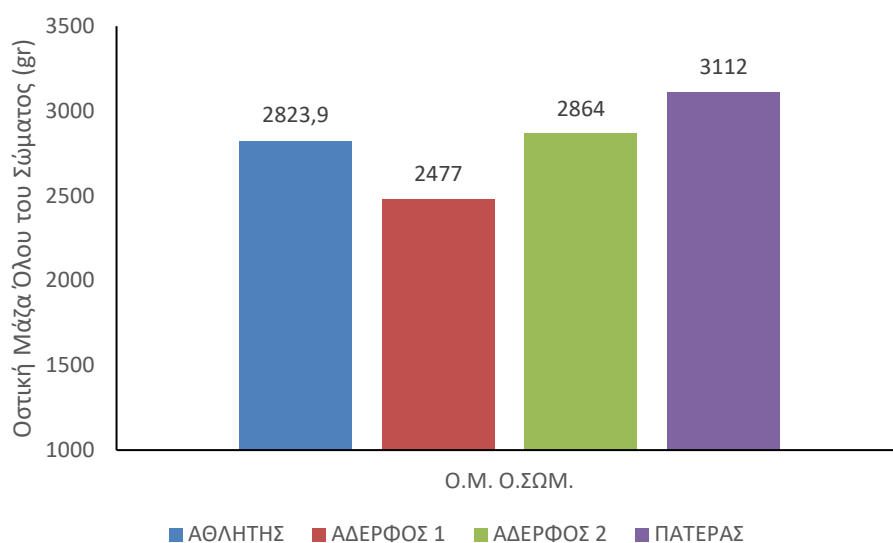
Μεταβλητή	Αθλητής	Αδερφός 1	Αδερφός 2	Πατέρας
Σωματικό ύψος (m)	178	178	179	180,9
Σωματικό βάρος (kg)	64,16	61,26	65,8	88,6
Ποσοστό σωματικού λίπους	11,5	9,5	12,9	26,2
Άλιπη σωματική μάζα (kg)	57,12	55,66	57,65	66,2

3.9. Σύγκριση οστικής μάζας όλου του σώματος του αθλητή με την οικογένειά του

Για τη σύγκριση της οστικής μάζας όλου του σώματος με τα υπόλοιπα μέλη της οικογένειας χρησιμοποιήθηκε η υψηλότερη τιμή (17 ετών) του υπό εξέταση αθλητή. Από τη σύγκριση διαπιστώθηκε υψηλότερη οστική μάζα όλου του σώματος κατά 12,28% από τον άλλο ιστιοπλόο, χαμηλότερη κατά 1,4% από τον ποδοσφαιριστή και μικρότερη κατά 9,25% από τον πατέρα (Πίνακας 9 και Σχήμα 7).

Πίνακας 9. Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του υπό μελέτη αθλητή και των υπολοίπων μελών της οικογένειας στο περιεχόμενο των οστών, σε όλο το σώμα, σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία.

Μέλος της οικογένειας	Με τον Ιστιοπλόο	Με τον Ποδοσφαιριστή	Με τον Πατέρα
Ποσοστιαία διαφορά	12,28%	-1,4	-9,25%



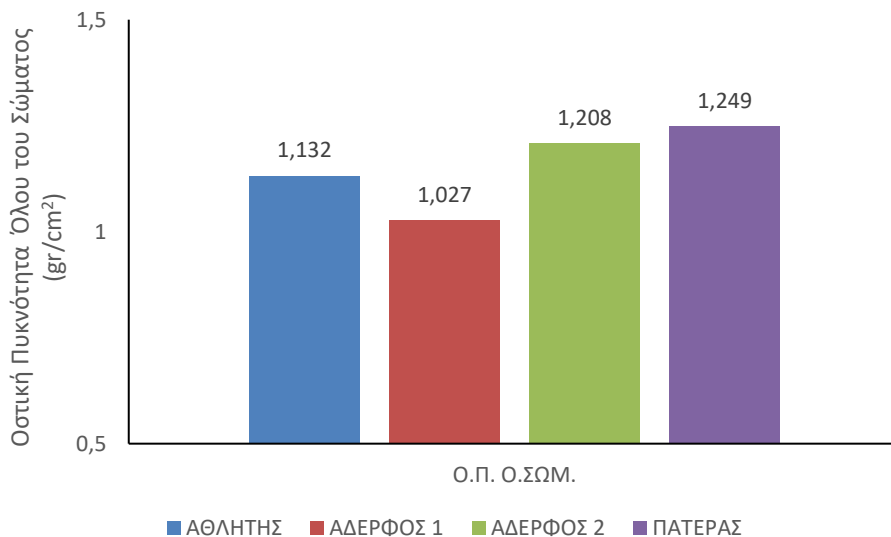
Σχήμα 7. Σύγκριση του περιεχομένου των οστών σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία, σε όλο το σώμα, μεταξύ του υπό μελέτη αθλητή και των υπολοίπων μελών της οικογένειας.

3.10. Σύγκριση οστικής πυκνότητας όλου του σώματος του αθλητή με την οικογένειά του

Για τη σύγκριση της οστικής πυκνότητας όλου του σώματος με τα υπόλοιπα μέλη της οικογένειας χρησιμοποιήθηκε η υψηλότερη τιμή (17 ετών) του υπό εξέταση αθλητή. Από τη σύγκριση διαπιστώθηκε υψηλότερη οστική πυκνότητα όλου του σώματος κατά 9,27% από τον άλλο ιστιοπλόο, χαμηλότερη κατά 6,7% από τον ποδοσφαιριστή και μικρότερη κατά 10,33% από τον πατέρα (Πίνακας 10 και Σχήμα 8).

Πίνακας 10. Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του υπό μελέτη αθλητή και των υπολοίπων μελών της οικογένειας στην οστική πυκνότητα όλου του σώματος.

Μέλος της οικογένειας	Με τον Ιστιοπλόο	Με τον Ποδοσφαιριστή	Με τον Πατέρα
Ποσοστιαία διαφορά	9,27%	-6,7%	-10,33%



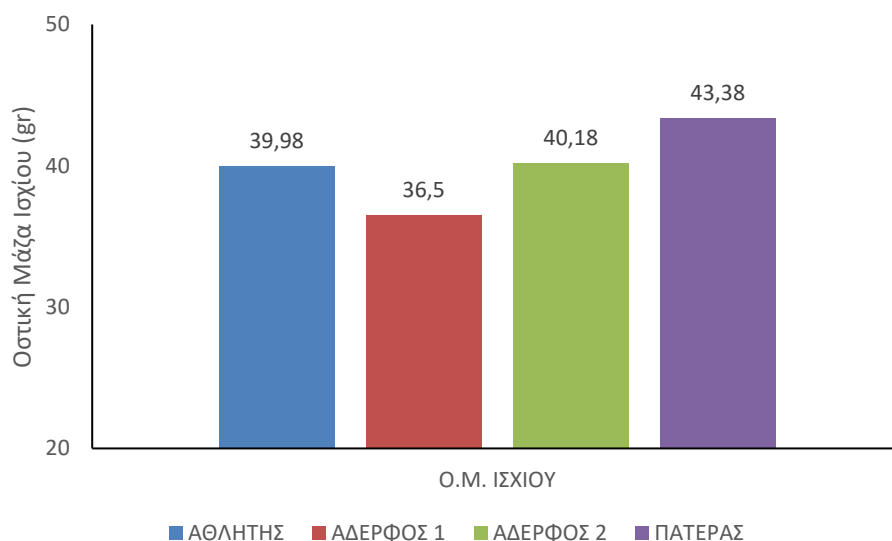
Σχήμα 8. Σύγκριση στην οστική πυκνότητα όλου του σώματος μεταξύ του υπό μελέτη αθλητή και των υπολοίπων μελών της οικογένειας.

3.11. Σύγκριση οστικής μάζας ισχίου του αθλητή με την οικογένειά του

Για τη σύγκριση της οστικής μάζας όλου του ισχίου με τα υπόλοιπα μέλη της οικογένειας χρησιμοποιήθηκε η υψηλότερη τιμή (17 ετών) του υπό εξέταση αθλητή. Από τη σύγκριση διαπιστώθηκε υψηλότερη οστική μάζα όλου του ισχίου κατά 8,7% από τον άλλο ιστιοπλόο, χαμηλότερη κατά 0,5% από τον ποδοσφαιριστή και μικρότερη κατά 8,5% από τον πατέρα (Πίνακας 11, Σχήμα 9).

Πίνακας 11. Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του υπό μελέτη αθλητή και των υπολοίπων μελών της οικογένειας στο περιεχόμενο των οστών, στο ισχίο, σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία.

Μέλος της οικογένειας	Με τον Ιστιοπλόο	Με τον Ποδοσφαιριστή	Με τον Πατέρα
Ποσοστιαία διαφορά	8,7%	-0,5%	-8,5%



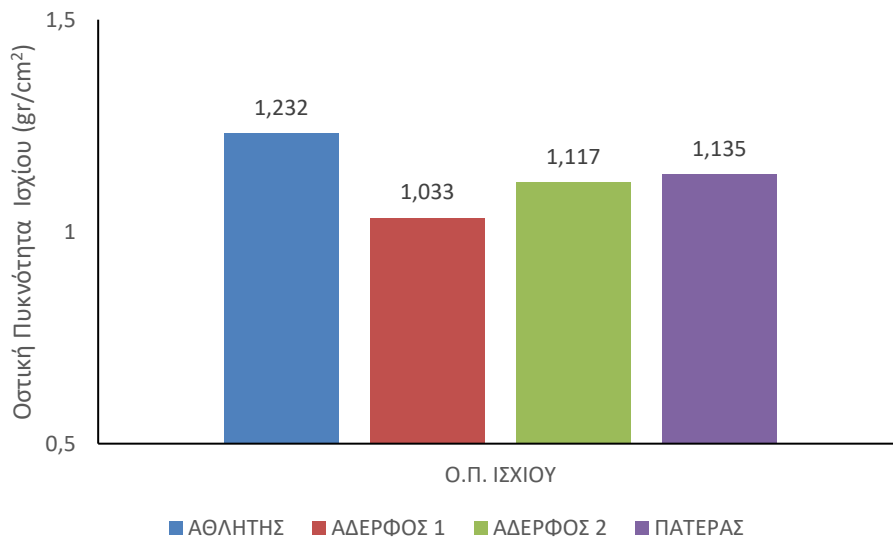
Σχήμα 9. Σύγκριση του περιεχομένου των οστών σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία, στο ισχίο, μεταξύ του υπό μελέτη αθλητή και των υπολοίπων μελών της οικογένειας.

3.12. Σύγκριση οστικής πυκνότητας ισχίου του αθλητή με την οικογένειά του

Για τη σύγκριση της οστικής πυκνότητας όλου του ισχίου με τα υπόλοιπα μέλη της οικογένειας χρησιμοποιήθηκε η υψηλότερη τιμή (17 ετών) του υπό εξέταση αθλητή. Από τη σύγκριση διαπιστώθηκε υψηλότερη οστική πυκνότητα όλου του ισχίου κατά 16,15% από τον άλλο ιστιοπλόο, υψηλότερη κατά 9,33% από τον ποδοσφαιριστή και υψηλότερη κατά 7,9% από τον πατέρα (Πίνακας 12 και Σχήμα 10).

Πίνακας 12. Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του υπό μελέτη αθλητή και των υπολοίπων μελών της οικογένειας στην οστική πυκνότητα του ισχίου.

Μέλος της οικογένειας	Με τον Ιστιοπλόο	Με τον Ποδοσφαιριστή	Με τον Πατέρα
Ποσοστιαία διαφορά	16,15%	9,33%	7,9%



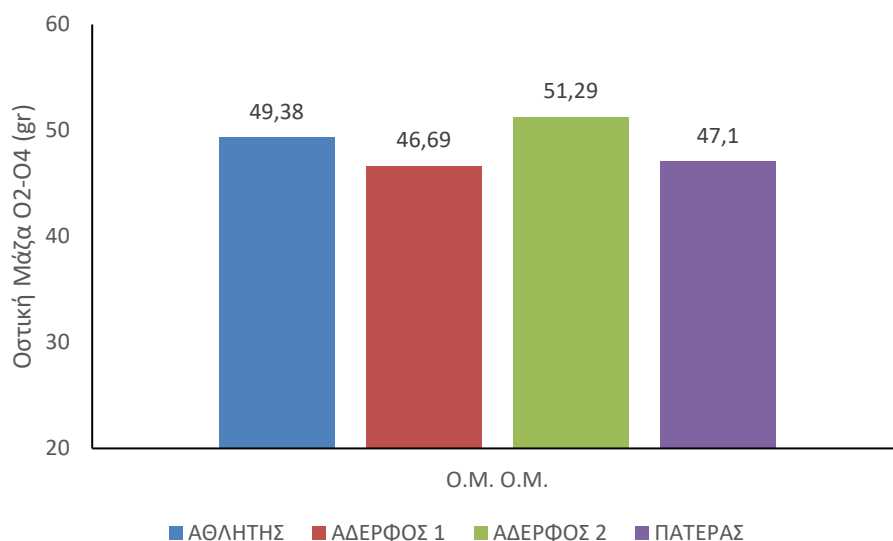
Σχήμα 10. Σύγκριση οστικής πυκνότητας στο ισχίο μεταξύ του υπό μελέτη αθλητή και των υπολοίπων μελών της οικογένειας.

3.13. Σύγκριση οστικής μάζας οσφυϊκών σπονδύλων του αθλητή με την οικογένειά του

Για τη σύγκριση της οστικής μάζας των οσφυϊκών σπονδύλων με τα υπόλοιπα μέλη της οικογένειας χρησιμοποιήθηκε η υψηλότερη τιμή (17 ετών) του υπό εξέταση αθλητή. Από τη σύγκριση διαπιστώθηκε υψηλότερη οστική μάζα όλου των οσφυϊκών σπονδύλων κατά 5,44% από τον άλλο ιστιοπλόο, μικρότερη κατά 3,86% από τον ποδοσφαιριστή και υψηλότερη κατά 4,61% από τον πατέρα (Πίνακας 13 και Σχήμα 11).

Πίνακας 13. Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του υπό μελέτη αθλητή και των υπολοίπων μελών της οικογένειας στο περιεχόμενο των οστών, στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης, στο ισχίο σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία.

Μέλος της οικογένειας	Με τον Ιστιοπλόο	Με τον Ποδοσφαιριστή	Με τον Πατέρα
Ποσοστιαία διαφορά	5,44%	-3,86%	4,61%



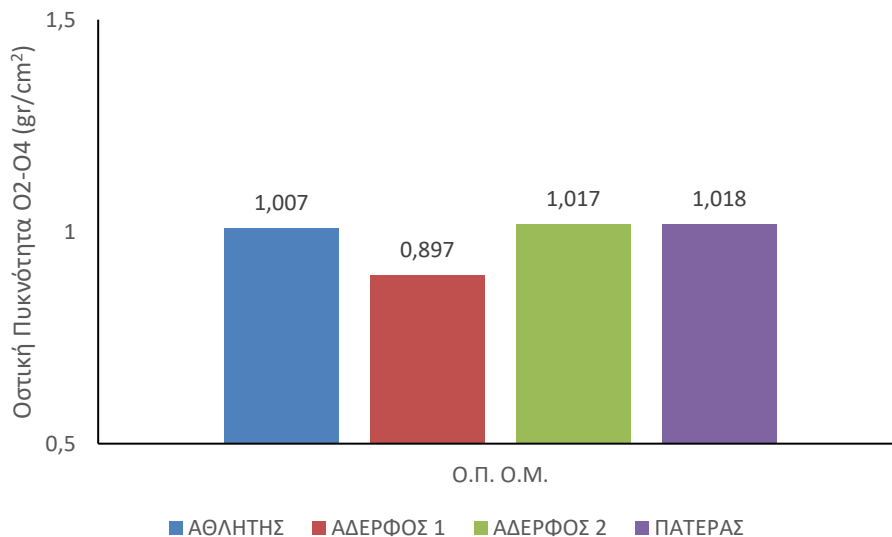
Σχήμα 11. Σύγκριση του περιεχομένου των οστών σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία, στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης, μεταξύ του υπό μελέτη αθλητή και των υπολοίπων μελών της οικογένειας.

3.14. Σύγκριση οστικής πυκνότητας οσφυϊκών σπονδύλων του αθλητή με την οικογένειά του

Για τη σύγκριση της οστικής πυκνότητας των οσφυϊκών σπονδύλων με τα υπόλοιπα μέλη της οικογένειας χρησιμοποιήθηκε η υψηλότερη τιμή (17 ετών) του υπό εξέταση αθλητή. Από τη σύγκριση διαπιστώθηκε υψηλότερη οστική πυκνότητα όλου των οσφυϊκών σπονδύλων κατά 10,92% από τον άλλο ιστιοπλόο, μικρότερη κατά 0,99% από τον ποδοσφαιριστή και μικρότερη κατά 1,09% από τον πατέρα (Πίνακας 14 και Σχήμα 12).

Πίνακας 14. Ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του υπό μελέτη αθλητή και των υπολοίπων μελών της οικογένειας στην οστική πυκνότητα στη σπονδυλική στήλη.

Μέλος της οικογένειας	Με τον Ιστιοπλόο	Με τον Ποδοσφαιριστή	Με τον Πατέρα
Ποσοστιαία διαφορά	10,92%	-0,99%	-1,09%



Σχήμα 12. Σύγκριση της οστικής πυκνότητας στη σπονδυλική στήλη μεταξύ του υπό μελέτη αθλητή και των υπολοίπων μελών της οικογένειας.

3.15. Διαχρονική εξέλιξη των δεικτών από τη δοκιμασία προοδευτικά αυξανόμενης έντασης

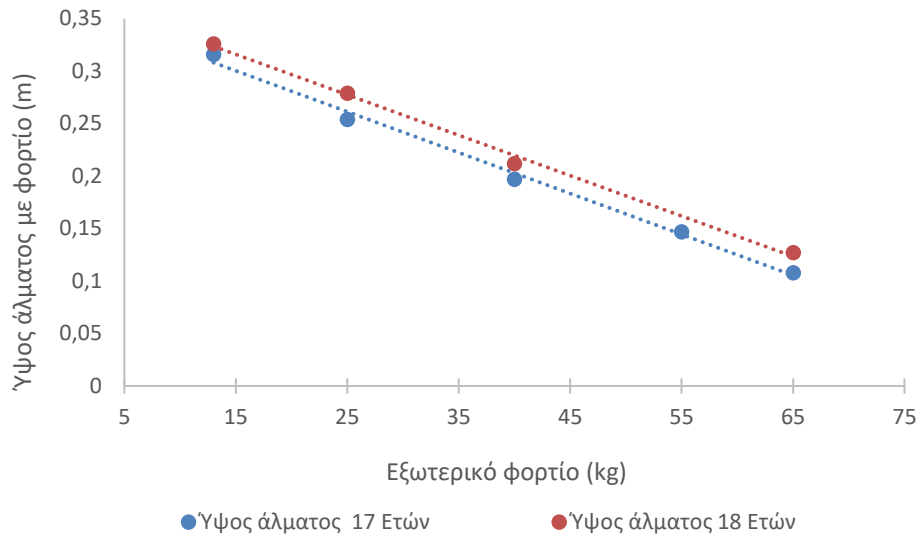
Από την εξέλιξη των δεικτών που αφορούν στην αξιολόγηση της δοκιμασίας προοδευτικά αυξανόμενης έντασης προέκυψε πως η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου αυξήθηκε κατά 2,4 (ml/kg/min), η μέγιστη καρδιακή συχνότητα ήταν 196-200 παλμοί/λεπτό, τη στιγμή που η μέγιστη αερόβια ισχύς, η ισχύς στο γαλακτικό κατώφλι και η ισχύς στο σημείο έναρξης συσσώρευσης γαλακτικού αυξήθηκαν κατά 10-25 Watt (Πίνακας 15).

Πίνακας 15. Διαχρονική εξέλιξη στη δοκιμασία αντοχής.

Μεταβλητή	16 ετών	17 ετών	18 ετών
Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (ml/kg/min)	61,7	61,3	64,1
Μέγιστη καρδιακή συχνότητα (b/min)	198	196	200
Μέγιστη αερόβια ισχύς (Watt)	280	290	305
Κατώφλι γαλακτικού (Watt)	160	165	180
Σημείο έναρξης συσσώρευσης γαλακτικού (Watt)	200	205	210

3.16. Διαχρονική εξέλιξη του ύψους άλματος με φορτίο

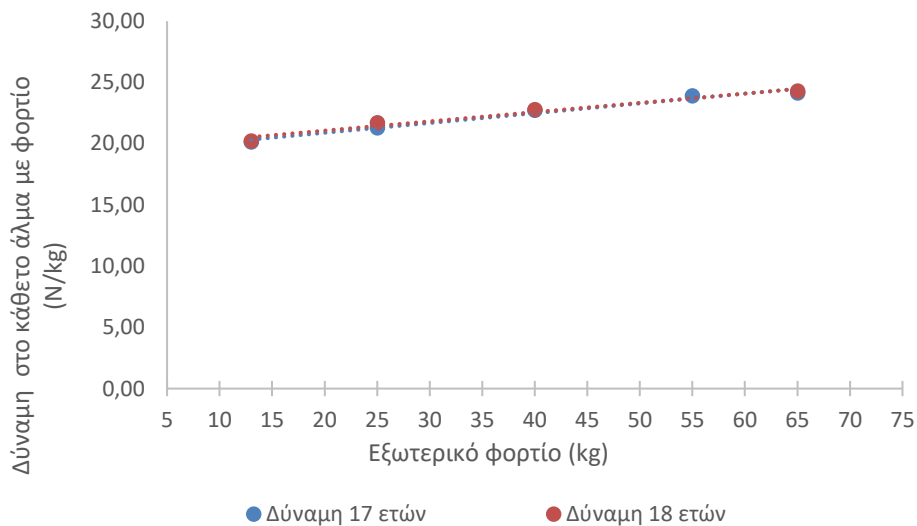
Ο υπό μελέτη αθλητής εξετάστηκε στην ηλικία των 17 και 18 ετών στο κάθετο άλμα με φορτίο (0, 13, 25, 40, 55 και 70 κιλά). Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε μέση βελτίωση 7,9% στο ύψος του κάθετου άλματος (Σχήμα 13).



Σχήμα 13. Σχέση ύψους κατακόρυφου άλματος με φορτίο.

3.17. Διαχρονική εξέλιξη της δύναμης στο άλμα με φορτίο

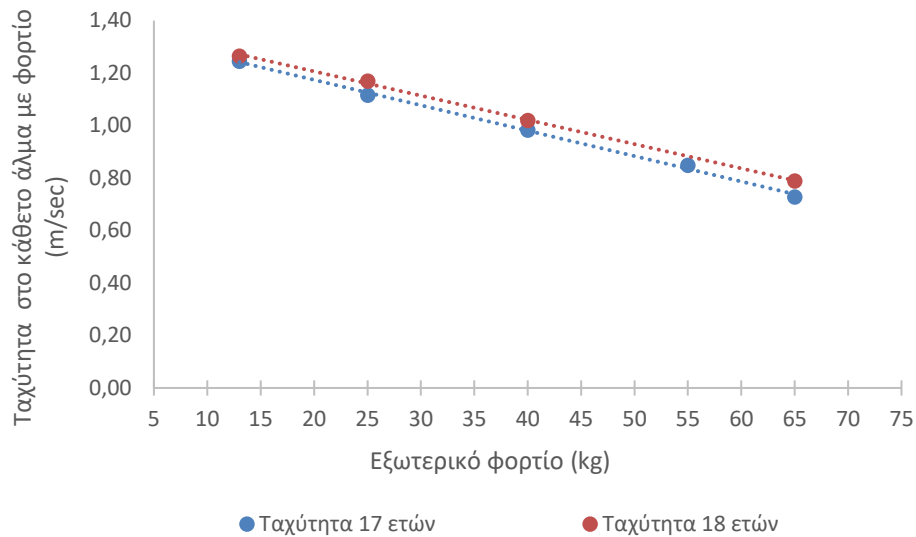
Ο υπό μελέτη αθλητής εξετάστηκε στην ηλικία των 17 και 18 ετών στο κάθετο άλμα με φορτίο (0, 13, 25, 40, 55 και 70 κιλά). Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε βελτίωση, 0,54% στη δύναμη του κάθετου άλματος, στο μέσο όρο των τιμών όλων των αλμάτων (Σχήμα 14).



Σχήμα 14. Σχέση της δύναμης άλματος με φορτίο.

3.18. Διαχρονική εξέλιξη της ταχύτητας στο άλμα με φορτίο

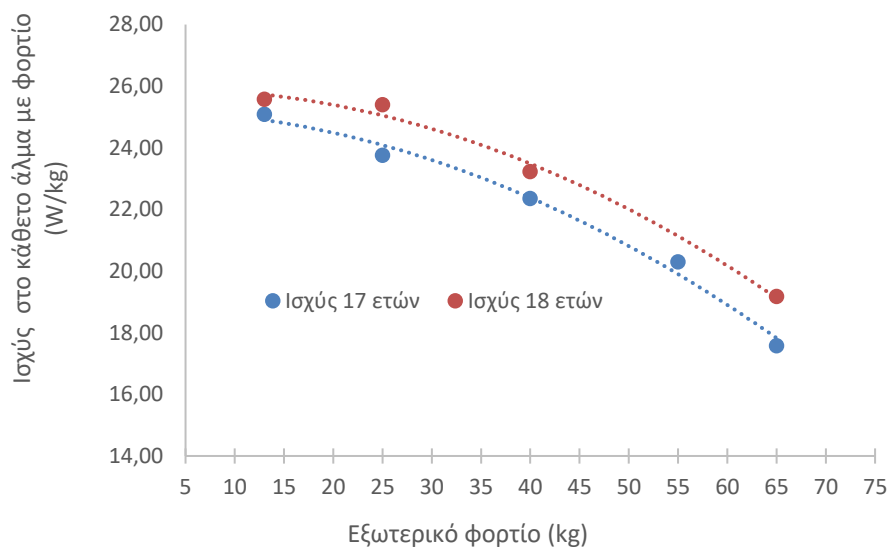
Ο υπό μελέτη αθλητής εξετάστηκε στην ηλικία των 17 και 18 ετών στο κάθετο άλμα με φορτίο (0, 13, 25, 40, 55 και 70 κιλά). Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε μέση βελτίωση 3,53% στην ταχύτητα του κάθετου άλματος (Σχήμα 15).



Σχήμα 15. Σχέση της ταχύτητας άλματος με φορτίο.

3.19. Διαχρονική εξέλιξη της ισχύος στο άλμα με φορτίο

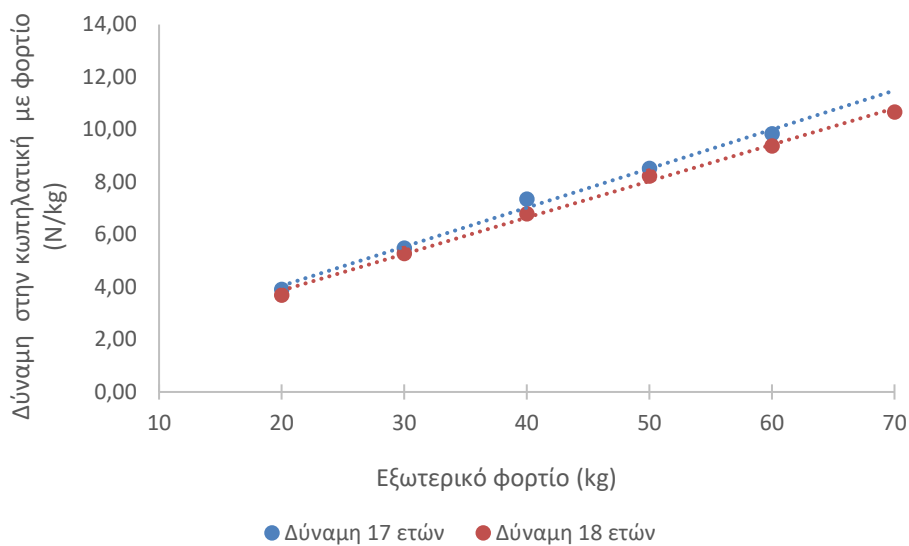
Ο υπό μελέτη αθλητής εξετάστηκε στην ηλικία των 17 και 18 ετών στο κάθετο άλμα με φορτίο (0, 13,25, 40, 55 και 70 κιλά). Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε μέση βελτίωση 3,33% στην ισχύ του κάθετου άλματος (Σχήμα 16).



Σχήμα 16. Σχέση της παραγόμενης ισχύος κατά την εκτέλεση κατακόρυφου άλματος με εξωτερικά φορτία.

3.20. Διαχρονική εξέλιξη της δύναμης στην κωπηλατική με φορτίο

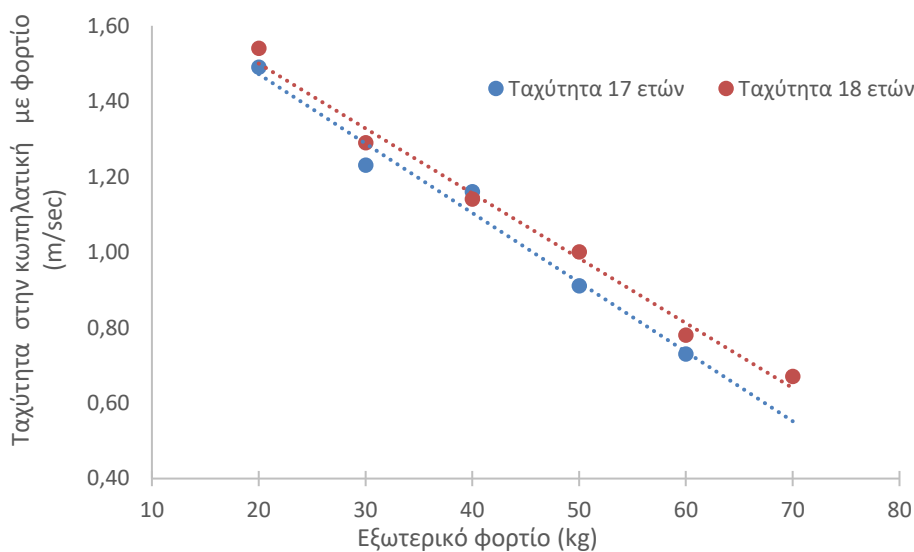
Ο υπό μελέτη αθλητής εξετάστηκε στην ηλικία των 17 και 18 ετών στην κωπηλατική με φορτίο με φορτίο (20, 30, 40, 50, 60 και 70 κιλά). Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε μία μείωση ικανότητας σχετικής δύναμης κατά -5,02% (Σχήμα 17).



Σχήμα 17. Σχέση της σχετικής δύναμης στην κωπηλατική με εξωτερικό φορτίο

3.21. Διαχρονική εξέλιξη της ταχύτητας στην κωπηλατική με φορτίο

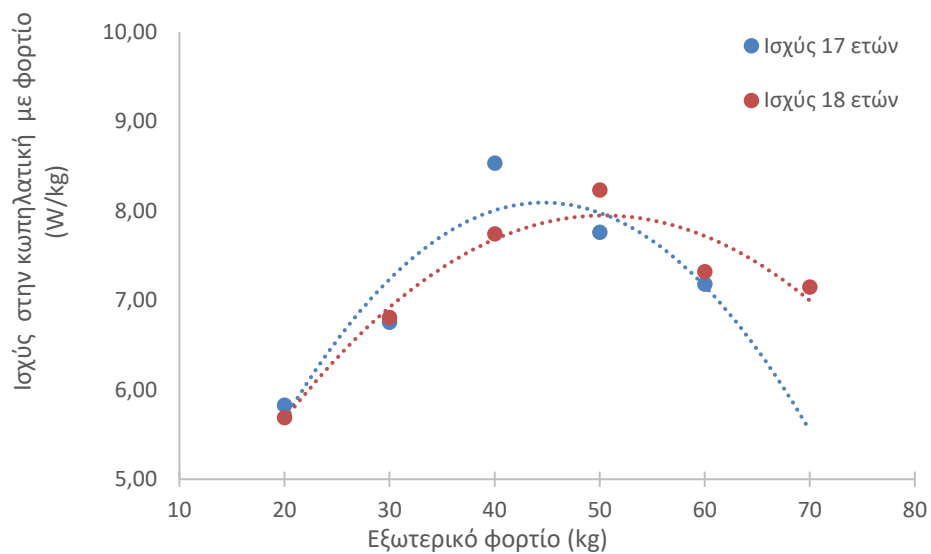
Ο υπό μελέτη αθλητής εξετάστηκε στην ηλικία των 17 και 18 ετών στην κωπηλατική με φορτίο με φορτίο (20, 30, 40, 50, 60 και 70 κιλά). Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε μία μείωση ικανότητας ταχύτητας κατά -2,62% στο φορτίο των 40 κιλών ενώ στα υπόλοιπα φορτία διαπιστώθηκε αύξηση (Σχήμα 18).



Σχήμα 18. Σχέση της ταχύτητας στην κωπηλατική με φορτίο.

3.22. Διαχρονική εξέλιξη της ισχύος στην κωπηλατική με φορτίο

Ο υπό μελέτη αθλητής εξετάστηκε στην ηλικία των 17 και 18 ετών στην κωπηλατική με φορτίο με φορτίο (20, 30, 40, 50, 60 και 70 κιλά). Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε μία μείωση ικανότητας ισχύος κατά -3,53% σε σχετικές τιμές ως προς τη μέγιστη τιμή ανεξάρτητα με το φορτίο που πραγματοποιήθηκε (Σχήμα 19).



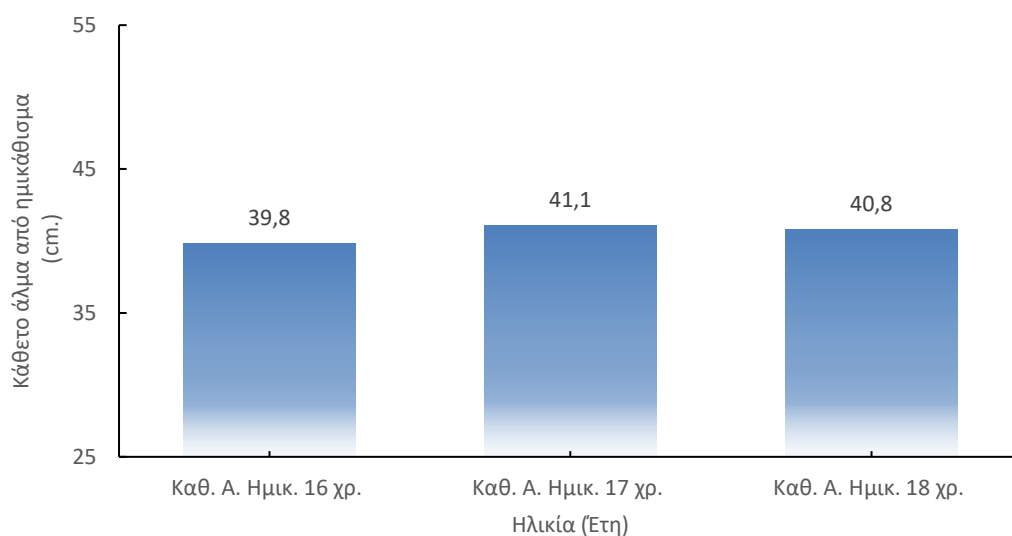
Σχήμα 19. Σχέση της ισχύος στην κωπηλατική με φορτίο.

3.23. Διαχρονική εξέλιξη της επίδοσης στο κατακόρυφο άλμα από ημικάθισμα

Στην εξέλιξη του κατακόρυφου άλματος από θέση ημικάθισματος παρατηρήθηκε αύξηση 2,51% από την ηλικία των 16 στην ηλικία των 18 ετών. Μείωση 0,3 εκατοστά παρατηρήθηκε από την ηλικία των 17 στην ηλικία των 18 ετών (Πίνακας 16 και Σχήμα 20).

Πίνακας 16. Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση του κάθετου άλματος από ημικάθισμα.

Ηλικία	Από 16 σε 17 ετών	Από 17 σε 18 ετών	Από 16 σε 18 ετών
Ποσοστό Μεταβολής	3,26%	-0,72%	2,51%



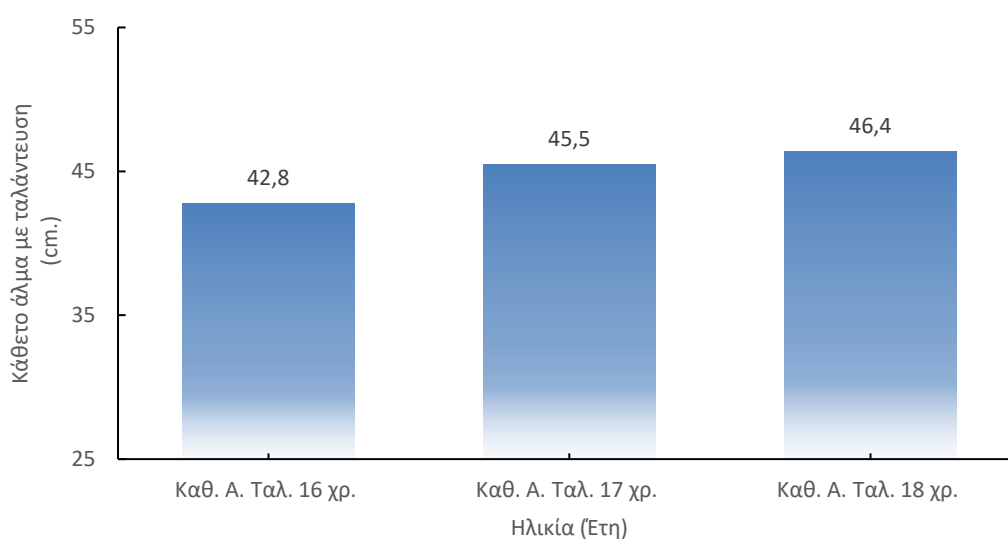
Σχήμα 20. Εξέλιξη της επίδοσης στο κατακόρυφο άλμα από ημικάθισμα.

3.24. Διαχρονική εξέλιξη της επίδοσης στο κάθετο άλμα με ταλάντευση

Στο κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση παρατηρήθηκε διαχρονική αύξηση της επίδοσης από 42,8 εκατοστά στην ηλικία των 16 ετών σε 45,5 εκατοστά στην ηλικία των 17 ετών και 46,4 στην ηλικία των 18 ετών. Η συνολική μεταβολή από τα 16 στα 18 έτη ήταν 8,41% (Πίνακας 17 και Σχήμα 21).

Πίνακας 17. Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση του κάθετου άλματος με ταλάντευση.

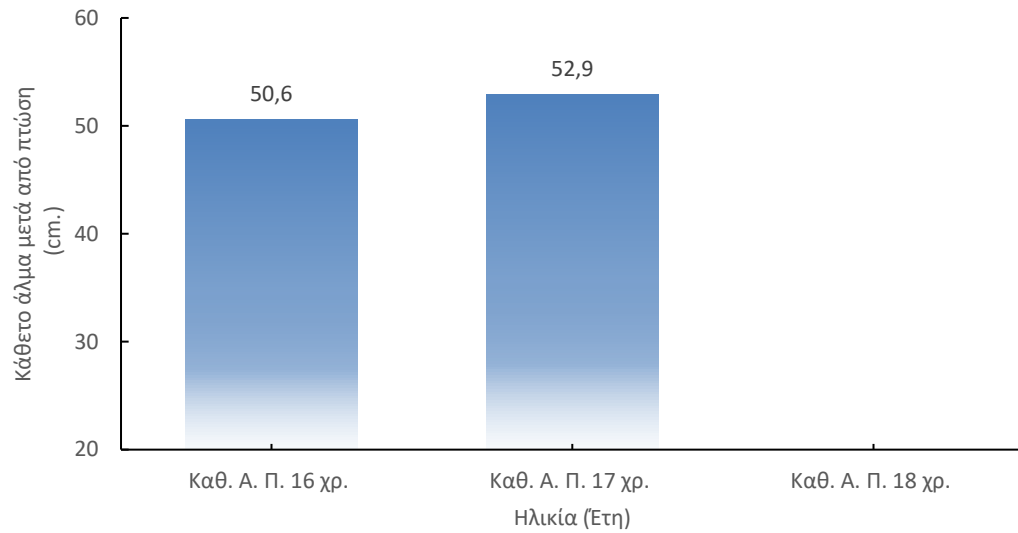
Ηλικία	Από 16 σε 17 ετών	Από 17 σε 18 ετών	Από 16 σε 18 ετών
Ποσοστό Μεταβολής	6,3%	1,97%	8,41%



Σχήμα 21. Εξέλιξη της επίδοσης στο κάθετο άλμα με ταλάντευση.

3.25. Διαχρονική εξέλιξη της επίδοσης στο άλμα μετά από πτώση

Το κάθετο άλμα μετά από πτώση αξιολογήθηκε στις ηλικίες των 16 και 17 ετών. Η επίδοση βελτιώθηκε κατά 2,3 εκατοστά (Σχήμα 22).



Σχήμα 22. Εξέλιξη της επίδοσης στο άλμα μετά από πτώση.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτη ήταν η διαχρονική παρακολούθηση της σύστασης σώματος, της οστικής κατάστασης και της απόδοσης αθλητή ιστιοσανίδας υψηλού επιπέδου. Επιπρόσθετα, επιχειρείται η διερεύνηση των παραγόντων που επέδρασαν στην εξέλιξη των υπό εξέταση παραμέτρων. Συνοπτικά όλοι οι δείκτες που εξετάστηκαν στην παρούσα μελέτη παρουσίασαν διαχρονικά τάσεις βελτίωσης. Όσον αφορά την οστική πυκνότητα όλου του σώματος, αυτή παρουσίασε μία αύξηση κατά 1,15%, με αντίστοιχη αύξηση και της οστικής μάζας του αθλητή κατά 3,7%. Η σύσταση σώματος επίσης παρουσίασε θετικό πρόσημο, καθώς η φυσιολογική διαχρονική αύξηση του βάρους του αθλητή, συνοδεύτηκε από αύξηση της άλιπης σωματικής μάζας κατά 4,3%, με παράλληλη μείωση του ποσοστού σωματικού λίπους κατά 5,1%. Σχετικά με τους δείκτες απόδοσης στις δοκιμασίες προοδευτικά αυξανόμενης έντασης, προκύπτει σε όλους βελτίωση. Καίριοι δείκτες όπως η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, η μέγιστη καρδιακή συχνότητα και τα κατώφλια έναρξης και συσώρευσης γαλακτικού οξέος, παρουσίασαν βελτίωση που κυμάνθηκε από 1% έως και 12,5%. Θετική μεταβολή παρουσίασαν και οι δείκτες ισχύος των κάτω άκρων, τόσο στον αργό όσο και στον γρήγορο κύκλο διάτασης-βράχυνσης των μυών. Μειωμένες εμφανίστηκαν οι σχετικές και απόλυτες τιμές ισχύος άνω άκρων και κορμού, στα φορτία 20-60 κιλά. Στην σύγκριση τιμών μεταξύ των μελών της οικογένειας, για τη σύσταση σώματος οι τιμές ήταν ανάλογες της ηλικίας και του αθλήματος του κάθε μέλους, ενώ αναφορικά με την οστική πυκνότητα και μάζα, οι τιμές του αθλητή ήταν γενικά υψηλότερες σε σχέση με τον άλλο ιστιοπλόο και χαμηλότερες από τον ποδοσφαιριστή και τον πατέρα.

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι τιμές οστικής πυκνότητας και μάζας συγκρίνοντάς τες με τις τιμές αναφοράς της υπάρχουσας βιβλιογραφίας. Υψηλές καταγράφονται οι τιμές οστικής μάζας και πυκνότητας όλου του σώματος, συγκρίνοντας τες με τον μέσο όρο των τιμών σε άτομα της ηλικίας του. Αντίστοιχα υψηλές είναι και οι τιμές οστικής μάζας και πυκνότητας του όλου ισχίου. Στον μέσο όρο και λίγο χαμηλότερα καταγράφονται οι αντίστοιχες τιμές των οσφυϊκών σπονδύλων. Συγκρίνοντας τις τιμές αυτές με τα υπόλοιπα μέλη της οικογένειας που συμμετείχαν στην έρευνα προκύπτουν τα ακόλουθα. Υψηλότερες τιμές σε σχέση με τον αδελφό ιστιοπλόο, γεγονός που ενδεχομένως να οφείλεται στη διαφορά ηλικίας των δύο ετών που έχουν μεταξύ τους. Χαμηλότερες τιμές

από τον αδελφό, που ασχολείται με το ποδόσφαιρο, κάτι το οποίο μπορεί να οφείλεται πιθανώς στην φύση του ποδοσφαίρου, που έχει οστεογενετικό χαρακτήρα (Vlachopoulos et al., 2017). Χαμηλότερες τιμές και από τον πατέρα. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι ο πατέρας είναι πρώην αθλητής στίβου και πετοσφαίρισης (Tournis et al., 2010). Η φυσική του δραστηριότητα όμως εν συνεχεία είναι αυξημένη και πιθανώς να οφείλεται και εκεί η υψηλή του οστική πυκνότητα. Η αξιολόγηση οστικής πυκνότητας και μάζας αποδείχθηκε σημαντική, διότι εντοπίστηκαν οι σχετικά χαμηλές τιμές οστικής μάζας και πυκνότητας στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης, μοτίβο το οποίο εντοπίστηκε σε όλους τους συμμετέχοντες στην έρευνα. Ακόμη, σε βιοχημικές εξετάσεις που πραγματοποίησε ο αθλητής σε όλη τη διάρκεια της μελέτης (αν και τα δεδομένα αυτά δεν συμπεριλαμβάνονται στη μελέτη) διαπιστώνονταν φυσιολογικές τιμές σε παραμέτρους (ασβέστιο, φώσφορος, βιταμίνη D, παραθορμόνη) που αφορούν στην κατάσταση των οστών (Weaver et al., 2016). Η συνοπτική εικόνα στην κατάσταση των οστών είναι πως ο αθλητής και η οικογένειά του παρουσίασαν γενικά υψηλή οστική μάζα και πυκνότητα σε όλο το σώμα και το ισχίο, χαμηλή όμως στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στους παράγοντες που επηρεάζουν τη σύνθεση και απορρόφηση των οστών και οι οποίοι είναι α) η μηχανική επιβάρυνση, η οποία σχετίζεται με δυνάμεις οι οποίες εφαρμόζονται στο κάθετο και οριζόντιο επίπεδο και σχετίζονται με τον κυματισμό και την ένταση του ανέμου, τη στιγμή που αναπτύσσουν υψηλά φορτία επιβάρυνσης στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης (Weaver et al., 2016), β) στη διατροφή, αν και όλα τα μέλη της οικογένειας διατρέφονταν με το ίδιο διατροφικό πλάνο και οι βιοχημικές εξετάσεις του αθλητή δεν δικαιολογούν έλλειψη διατροφικών στοιχείων που σχετίζονται με την κατάσταση των οστών και γ) η κληρονομικότητα, η οποία εν μέρει επιβεβαιώνεται από τις εξετάσεις του πατέρα

Σχετικά με την σύσταση σώματος, το σωματικό βάρος παρουσίασε μία αύξηση από την ηλικία των 16 ετών σε αυτή των 17, σχεδόν 3 κιλά, η οποία αποδίδεται περισσότερο στην αύξηση της άλιπης σωματικής μάζας και στη μείωση του λιπώδους ιστού. Συγκριτικά με τις τιμές ενήλικων αθλητών υψηλού επιπέδου (Castagna et al., 2007, 2008; De Vito et al., 1997), ο αθλητής βρέθηκε στο σωματικό βάρος ελαφρύτερος από 8 έως και 18 Kg. Στο ύψος από 2 cm ψηλότερος έως και 7 cm κοντότερος και στο ποσοστό σωματικού λίπους με παρόμοιες τιμές με τους ενήλικους άνδρες. Σε σύγκριση με τα υπόλοιπα μέλη της

οικογένειας, η διακύμανση στο σωματικό ύψος μεταξύ τους είναι της τάξης των 3 εκατοστών. Το σωματικό βάρος ήταν μεγαλύτερο από τον άλλο ιστιοπλόο, που είναι 2 χρόνια μικρότερος όμως, μικρότερο από του ποδοσφαιριστή και σημαντικά μικρότερο από του πατέρα. Ίδια εικόνα παρατηρήθηκε και στις τιμές ποσοστού σωματικού λίπους. Μεταξύ των δύο ιστιοπλόων, οι χαμηλότερες τιμές του αδερφού, είναι πιθανό να οφείλονται στην διαφορά ηλικίας, μιας και η προπόνησή τους ήταν ακριβώς η ίδια, αλλά και στον σωματότυπο του αδελφού. Σε σχέση με τον ποδοσφαιριστή εκτός από την διαφορά ηλικίας είναι πιθανό να οφείλεται στις αυξημένες ανάγκες μυϊκής δύναμης και ισχύος που απαιτούνται στην ιστιοσανίδα.

Από τις δοκιμασίες προοδευτικά αυξανόμενης έντασης και των επιδόσεων δύναμης και ισχύος προέκυψαν δεδομένα που κατεύθυναν την προπόνηση του αθλητή τόσο εντός, όσο και εκτός νερού. Η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου από την ηλικία των 16 στα 17 έτη δεν παρουσίασε μεταβολή και κυμάνθηκε μεταξύ 61,3 και 61,7(ml/kg/min). Από τα 17 στα 18 έτη καταγράφηκε στο 64,1(ml/kg/min) σημειώνοντας βελτίωση κατά 3,8% διαχρονικά. Σε σύγκριση με αντίστοιχες τιμές ανδρών (De Vito et al., 1997; Castagna et al., 2008; Vogiatzis et al., 2002), που μετρήθηκαν σε πραγματικές συνθήκες πλεύσης, σε κυκλοεργόμετρο και δαπεδοεργόμετρο, ο αθλητής κυμάνθηκε σε τιμές +1.5% έως και -7%. Η μέγιστη αερόβια ισχύς αυξήθηκε κατά 3,5% από τα 16 στα 17 έτη και αυξήθηκε περαιτέρω από τα 17 στα 18 έτη και η συνολική διαχρονική βελτίωση ήταν 8,9%. Το κατώφλι γαλακτικού υπολογισμένο σε Watt, βελτιώθηκε αρχικά κατά 3% και διαχρονικά κατά 12,5%. Το σημείο έναρξης συσσώρευσης γαλακτικού επίσης κατέγραψε διαχρονική βελτίωση κατά 5%. Φαίνεται πως ενδεχομένως η πλήρης ωρίμανση του αθλητή, η ολοκληρωτική μετάβασή του από την εφηβική στην ενήλικη ζωή, (Αυλωνίτη, 2020) και η εξέλιξη των προπονητικών επιβαρύνσεων που συνόδευσαν αυτή τη μετάβαση ήταν καθοριστικοί παράγοντες στη βελτίωση των δεικτών της αντοχής. Σε ότι αφορά τους δείκτες ισχύος σημειώθηκε σημαντική αύξηση στα κάτω άκρα, τόσο στον αργό όσο και στο γρήγορο κύκλο διάτασης-βράχυνσης των μυών και κυμάνθηκε σε ποσοστό από 0,54% έως και 8,9% κατά περίπτωση. Μειωμένες σε ποσοστό από 2,62% έως 5,02% ήταν οι τιμές ισχύος κορμού-πλάτης, οι οποίες μετρήθηκαν μόνο στην ηλικία στα 17 και 18 έτη. Η βελτίωση των δεικτών απόδοσης (εκτός της ισχύος κορμού-πλάτης), ήταν διαχρονική και αυτό μπορεί να οφείλεται και στην ωρίμανση του αθλητή, καθώς μεγάλωσε κατά 2 έτη, αλλά και στα προπονητικά περιεχόμενα που εφαρμόστηκαν. Η ένταση και η επιβάρυνση

των προπονητικών περιεχομένων από την ηλικία των 16 στην ηλικία των 17 ετών αυξήθηκε περίπου 30% σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά. Από τα 17 στα 18 έτη ο αθλητής εντάχθηκε σε προγράμματα μυϊκής ενδυνάμωσης που μπορεί να επέφεραν βελτίωση στη δύναμη και την ισχύ. Συνολικά από τα 16 έως τα 18 έτη έκανε πιο συστηματική προπόνηση η οποία σχεδιάστηκε και οργανώθηκε πάνω στα δεδομένα που συλλέγονταν και αυτός μπορεί να ήταν ένας λόγος που η συνολική εικόνα των δεικτών απόδοσης παρουσίασε βελτίωση.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η Ολυμπιακή ιστιοσανίδα αποτελεί ένα άθλημα στο οποίο ο αθλητής κατευθύνει τη σανίδα μέσω του ιστίου. Στο σώμα ασκούνται δυνάμεις που εξαρτώνται από τις διαστάσεις του ιστίου και της σανίδας καθώς και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Η θέση του σώματος και οι κινήσεις που πραγματοποιεί ο αθλητής απαιτούν ανάπτυξη υψηλών τιμών ώθησης από τους μύες της πλάτης, των ώμων και των κάτω άκρων. Ακόμα ο κυματισμός ασκεί έντονες και μεγάλες σε αριθμό κρούσεις στο κάθετο επίπεδο που μπορεί να επηρεάζουν την κατάσταση των οστών. Ωστόσο, δεν υπάρχουν μελέτες οι οποίες να εξετάζουν την κατάσταση των οστών σε αθλητές ιστιοσανίδας. Σκοπός της μελέτης ήταν να εξετάσει τη διαχρονική επίδραση της συμμετοχής στο άθλημα της ιστιοσανίδας, στη σύσταση σώματος και στην οστική πυκνότητα, σε αθλήτη που κατατάχθηκε στις πρώτες θέσεις παγκοσμίων και ευρωπαϊκών πρωταθλημάτων σε διοργανώσεις εφήβων και νέων αθλητών. Ο αθλητής αξιολογήθηκε ως προς τη σύσταση σώματος και την κατάσταση των οστών στις ηλικίες των 16, 17 και 18 ετών. Συμπερασματικά ο αθλητής σημείωσε βελτίωση του προφίλ της σύστασης σώματος και της οστικής πυκνότητας που μπορεί να οφείλονται στο προπονητικό πρόγραμμα και στην κληρονομικότητα. Βελτίωσε του δείκτες απόδοσης αντοχής, δύναμης και ισχύος, γεγονός που αποδίδεται στην προπονητική διαδικασία των τριών τελευταίων ετών και στον εμπλουτισμό των προπονητικών περιεχομένων με μεθόδους μυϊκής ενδυνάμωσης.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αυλωνίτη, Α. (2020). Εισαγωγή στην Ανάπτυξη. Στο βιβλίο: *Παιδί, Προπόνηση, Υγεία*. 1^η έκδοση, Αφοί Κυριακίδη Εκδόσεις Α.Ε, Θεσσαλονίκη.
2. Castagna, O., Brisswalter, J., Lacour, J. R., & Vogiatzis, I. (2008). Physiological demands of different sailing techniques of the new Olympic windsurfing class. *European journal of applied physiology*, 104(6), 1061-1067.
3. Castagna, O., Pardal, C. V., & Brisswalter, J. (2007). The assessment of energy demand in the new olympic windsurf board: Neilpryde RS: X[®]. *European journal of applied physiology*, 100(2), 247-252.
4. Duncan, C. S., Blimkie, C. J., Cowell, C. T., Burke, S. T., Briody, J. N., & Howman-Giles, R. (2002). Bone mineral density in adolescent female athletes: relationship to exercise type and muscle strength. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(2), 286-294.
5. Dyson, R., Buchanan, M., & Hale, T. (2006). Incidence of sports injuries in elite competitive and recreational windsurfers. *British Journal of Sports Medicine*, 40, 346–350.
6. Esco, M. R., Fedewa, M. V., Cicone, Z. S., Snelnikov, O. A., Sekulic, D., & Holmes, C. J. (2018). Field-based performance tests are related to body fat percentage and fat-free mass, but not body mass index, in youth soccer players. *Sports (Basel)*, 6(4).
7. Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M., & Rowland, T. W. (2009). Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(5), S60-79.
8. Galy, O., Manetta, J., Coste, O., Maimoun, L., Chamari, K., & Hue, O. (2003). Maximal oxygen uptake and power of lower limbs during a competitive season in triathletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 13, 185–193.
9. Hart, N. H., Nimphius, S., Rantalainen, T., Ireland, A., Siafarikas, A., & Newton, R. U. (2017). Mechanical basis of bone strength: influence of bone material, bone structure and muscle action. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*, 17(3), 114-139.
10. McCormick, D. P., & Davis, A. L. (1988). Injuries in sailboard enthusiasts. *British Journal of Sports Medicine*, 22, 95–7.
11. Nathanson, A. T., & Reinert, S. E. (1999). Windsurfing injuries: results of a paper- and internet-based survey. *Wilderness & Environmental Medicine*, 10, 218–25.
12. Neville, V., & Folland, J. (2009). The epidemiology and aitiology of injuries in sailing *Sports Medicine*, 39(2), 129-145.

13. Ren, L., Yang, P., Wang, Z., Zhang, J., Ding, C., & Shang P. (2015). Biomechanical and biophysical environment of bone from the macroscopic to the pericellular and molecular level. *Journal of Mechanical Behavior Biomedical Materials*, 50, 104-122.
14. Resende, N. M., de Magalhaes Neto, A. M., Bachini, F., de Castro, L. E. V., Bassini, A., & Cameron, L. C. (2011). Metabolic changes during a field experiment in a world-class windsurfing athlete: a trial with multivariate analyses. *OMICS: A journal of integrative biology*, 15(10), 695-704.
15. Sheppard, J., Cronin, J., Gabbet, T., McGuigan, M., Etxebarria, & N., Newton, R. (2008). Relative importance of strength, power, and anthropometric measures to jump performance of elite volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 758-65.
16. Schultz, A. B., Taaffe, D. R., Blackburn, M., Logan, P., White, D., Drew, M., & Lockie, R. G. (2016). Musculoskeletal screening as a predictor of seasonal injury in elite Olympic class sailors. *Journal of science and medicine in sport*, 19(11), 903–909.
17. Sedlaczek, P. (2009). History, cultural context and terminology of windsurfing. *Studies in Physical Culture and Tourism*, 16, 115–123.
18. Sporis, G., Jukic, I., Bok, D., Vuleta, D., Jr., & Harasin, D. (2011). Impact of body composition on performance in fitness tests among personnel of the Croatian navy. *Collegium Antropologicum*, 35(2), 335-339.
19. Stewart, A. D., & J. Hannan (2000). Total and regional bone density in male runners, cyclists, and controls. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(8), 1373-1377.
20. Tournis, S., Michopoulou, E., Fatouros, I. G., Paspatis, I., Michalopoulou, M., Raptou, P., & Galanos, A. (2010). Effect of rhythmic gymnastics on volumetric bone mineral density and bone geometry in premenarcheal female athletes and controls. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 95(6), 2755-2762.
21. Vicente-Rodriguez, G., Ara, I., Perez-Gomez, J., Serrano-Sanchez, J. A., Dorado, C., & Calbet, J. A. (2004). High femoral bone mineral density accretion in prepubertal soccer players *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(10), 1789-1795.
22. Vito, G. De., Filippo, L. Di., Rodio, A., Felici, F., & Madafiri, A. (1997). Is the olympic boardsailor an endurance athlete? *International Journal of Sports Medicine*, 18(4), 281 -284.
23. Vlachopoulos, D., Barker, A. R., Ubago-Guisado, E., Williams, C. A., & Gracia-Marco, L. (2018). The effect of a high-impact jumping intervention on bone mass, bone stiffness and fitness parameters in adolescent athletes. *Archives of Osteoporosis* 13(1), 128.
24. Vlachopoulos, D., Ubago-Guisado, E., Barker, A. R., Metcalf, B. S., Fatouros, I. G., Avloniti, A., Knapp, K. M., Moreno, L. A., Williams, C. A., & Gracia-Marco, L. (2017).

- Determinants of bone outcomes in adolescent athletes at baseline: The PRO-BONE Study. *Medicine and science in sports and exercise*, 49(7), 1389-1396.
25. Vlachopoulos, D., Bark, A. R., Williams, C. A., Knapp, K. M., Metcalf, B. S., & Gracia-Marco, L. (2015). Effect of a program of short bouts of exercise on bone health in adolescents involved in different sports: the PRO-BONE study protocol. *BMC Public Health*, 15:361. doi: 10.1186/s12889-015-1633-5.
 26. Vogiatzis, I., De Vito, G. A., Rodio, A., Madaffari, M., & Marchetti, M. (2002). The physiological demands of sail pumping in Olympic level windsurfers. *European Journal of Applied Physiology*, 86, 450–454.
 27. Vogler, C., & Bove, V. (1985). Morphology of skeletal muscle in children. An assessment of normal growth and differentiation. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*, 109(3), 238-242.
 28. WHO (2013). Global Health Observatory data repository [online database]. Geneva, World Health Organization. Retrieved from <https://apps.who.int/gho/data/view.main>