

**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:

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΟΣΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΑΘΛΗΤΩΝ ΚΟΛΥΜΒΗΣΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ 20-30 ΕΤΩΝ**

ΤΟΥ

Κακκαβά Αθανάσιου (ΑΕΜ: 13046)

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:	Γούργουλης Βασίλειος, 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

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα πρώτα από όλους να ευχαριστήσω του γονείς μου και την αδερφή μου που με στηρίζαν και σε αυτό μου το βήμα όπως και σε κάθε απόφαση μου. Έπειτα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον δάσκαλο και επιβλέπων καθηγητή μου κ. Χατζηνικολάου όχι μόνο που με βοήθησε να φέρω εις πέρας αυτήν την εργασία αλλά και για τις ευρύτερες γνώσεις που απέκτησα μέσω αυτού. Ακόμα θα ήθελα να πω ευχαριστώ στον κ. Γούργουλη και στην κ. Αυλωνίτη για όλη την καθοδήγηση και τις γνώσεις που μου πρόσφεραν. Τέλος θα ήθελα να αφιερώσω την εργασία αυτή σε έναν άνθρωπο που με στήριξε σε όλες τις δυσκολίες που υπήρχαν τον τελευταίο αυτό καιρό και με βοήθησε με τον τρόπο του να παλέψω για να φέρω εις πέρας την εργασία αυτή όπως και πολλά αλλά προβλήματα.

Σας ευχαριστώ όλους.....

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κακκαβάς Αθανάσιος: Διερεύνηση της οστικής κατάστασης αθλητών κολύμβησης ηλικίας 20-30 ετών

(Με την επίβλεψη του Αναπληρωτή Καθηγητή Χατζηνικολάου Αθανάσιου)

Τα παιδιά που συμμετέχουν σε αγώνισματα κολύμβησης παρουσιάζουν χαμηλή οστική μάζα και πυκνότητα σε σύγκριση με παιδιά που συμμετέχουν σε άλλα αθλήματα όπως το ποδόσφαιρο ή που δεν συμμετέχουν σε οργανωμένες μορφές άσκησης. Ωστόσο, δεν είναι αρκετές οι μελέτες οι οποίες εξετάζουν την οστική κατάσταση των κολυμβητών στην τρίτη δεκαετία της ζωής, κατά την οποία αποκτάται η μέγιστη οστική μάζα της ζωής και έχει σημασία για την πρόληψη της οστεοπόρωσης στη γήρανση. Σκοπός της μελέτης ήταν να εξετάσει την οστική κατάσταση αθλητών κολύμβησης κατά την περίοδο της μέγιστης οστικής μάζας. Στη μελέτη συμμετείχαν 24 αθλητές ηλικίας 20-30 ετών. Οι οκτώ συμμετείχαν σε προπονήσεις κολύμβησης και σε προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης τα τελευταία τουλάχιστον τρία χρόνια, οι οχτώ συμμετείχαν μόνο στην προπόνηση κολύμβησης κατά τα τελευταία τρία χρόνια και οι τελευταίοι 8 συμμετείχαν σε προπονήσεις ποδοσφαίρου. Οι συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν σε παραμέτρους σύστασης σώματος και οστικής κατάστασης με τη μέθοδο της αποροφησιομετρίας ακτινών Χ διπλής ενέργειας. Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα. Στα αποτελέσματα διαπιστώθηκε πως οι κολυμβητές, ως προς την οστική πυκνότητα όλου του σώματος, στο σύνολο τους παρουσίασαν τιμή 106,6% σε σύγκριση με το γενικό πληθυσμό και πως οι αθλητές που δεν συμμετείχαν σε προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης δεν διέφεραν από τους αθλητές που στο προπονητικό τους πρόγραμμα εντασσόταν η άσκηση με βάρη. Από την άλλη πλευρά η ποδοσφαιριστές φάνηκε να έχουν υψηλότερη οστική πυκνότητα και από τις δυο άλλες ομάδες γεγονός που υπόκειται πιθανόν στην οστεογενετική φύση του αθλήματος. Συμπερασματικά η συμμετοχή στο άθλημα της κολύμβησης, από τα στάδια ανάπτυξης έως την 3^η δεκαετία της ζωής, επέφερε φυσιολογικές και ελαφρώς αυξημένες τιμές κορυφαίας οστικής μάζας σε σύγκριση με το μέσο άνθρωπο.

Λέξεις κλειδιά: κορυφαία οστική μάζα, οστική πυκνότητα, κολύμβηση

ABSTRACT

Kakkavas Athanasios: Investigation of the bone condition of swimming athletes aged 20-30 years

(Under the supervision of A. Prof. Chatzinikolaou Athanasios)

Children who participate in swimming competitions show lower bone mass and density than children who participate in other sports or those who they do not participate in organized forms of exercise. However, there are not enough studies that examine the bone condition of swimmers in the third decade of life, when the maximum bone mass of life is obtained. The aim of the study was to examine the bone condition of swimming athletes during the period of maximum bone mass. In addition, the effect of resistant training on bone condition was investigated. The study involved 24 athletes aged 20-30 years. Eight have participated in swimming and resistant training for at least the last three years, eight have only participated in swimming training in the last three years and the last one team have participated in soccer training. Participants were assessed on body composition and bone condition parameters using the DXA method. The data were analyzed using the analysis of variance. The analysis of the data showed that the swimmers, in terms of bone density of the whole body, in total showed a value of 106.6% and that the athletes who did not participate in strength training did not differ from the athletes whose training program included the resistant training. However, football players it seems to have better bone density than swimmers because the nature of their sport is more osteogenic. In conclusion, participation in the sport of swimming brought a normal and slightly increased values of peak bone mass compared to the average person during the developmental stages and until the 3rd decade of life.

Key words: peak bone mass, bone density, swimming

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ABSTRACT.....	4
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	7
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1. Οστική ανάπτυξη.....	9
1.2. Κορυφαία οστική πυκνότητα και η σημασία της στην πρόληψη της οστεοπόρωσης.....	10
1.3. Ασκησιογενής προσαρμογές των οστών.....	12
1.4. Η οστική κατάσταση στην κολύμβηση.....	13
1.5. Σκοπός της έρευνας.....	14
1.6. Ερευνητικές υποθέσεις.....	14
1.7. Οριοθετήσεις και περιορισμοί.....	14
1.8. Ορισμοί και συντομογραφίες.....	14
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	17
2.1. Δείγμα.....	17
2.2. Πειραματικός σχεδιασμός.....	17
2.3. Περιγραφή μετρήσεων και οργάνων μέτρησης.....	117
2.4. Στατιστική ανάλυση.....	18
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	19
3.1. Σωματικό βάρος.....	20
3.2. Ποσοστό λίπους.....	21
3.3. Άλιπη μάζα.....	22
3.4. Περιεχόμενο οστών σε μέταλλα.....	23
3.5. Οστική πυκνότητα όλου του σώματος.....	24
3.6. Περιεχόμενο των οστών του κορμού σε μέταλλα.....	25

3.7. Οστική πυκνότητα κορμού.....	26
3.8. Άλιπη μάζα κορμού.....	27
3.9. Ποσοστό λίπους κορμού.....	28
3.10.Περιεχόμενο των οστών σε μέταλλα στα άνω άκρα.....	29
3.11.Οστική πυκνότητα στα άνω άκρα.....	30
3.12. Άλιπη μάζα χεριών.....	31
3.13. Ποσοστό λιπώδης μάζα των χεριών.....	32
3.14. Περιεχόμενο των οστών των ποδιών σε μέταλλα	33
3.15. Οστική πυκνότητα στα κάτω άκρα.....	34
3.16. Άλιπη μάζα ποδιών.....	35
3.17. Ποσοστό λιπώδης μάζα των ποδιών.....	36
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	37
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	40
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	41

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1	Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς το σωματικό βάρος. Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμης. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.....	19
Σχήμα 2	Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς το ποσοστό λίπους. Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμης. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.....	20
Σχήμα 3	Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς την άλιπη σωματική μάζα. Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμης. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.....	21
Σχήμα 4	Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς το περιεχόμενο των οστών σε μέταλλα (gr) . Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμης. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.....	22
Σχήμα 5	Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς την πυκνότητα των οστών σε μέταλλα (gr/kg) . Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμης. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.....	23
Σχήμα 6	Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς το περιεχόμενο των οστών του κορμού σε μέταλλα (gr) . Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμης. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.....	24
Σχήμα 7	Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς την πυκνότητα των οστών του κορμού σε μέταλλα (gr/kg). Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμης. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.....	25
Σχήμα 8	Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς την άλιπη μάζα κορμού. Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμης. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.....	26
Σχήμα 9	Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς το ποσοστό σωματικού λίπους του κορμού. Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμης. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.....	27
Σχήμα 10	Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς το περιεχόμενο των οστών των χεριών σε μέταλλα. Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμη. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.....	28

Σχήμα 11	Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς την πυκνότητα των οστών των χεριών σε μέταλλα. Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμη. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.....	29
Σχήμα 12	Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς την άλιπη μάζα των χεριών . Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμη. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.	30
Σχήμα 13	Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς το ποσοστό λίπους των χεριών . Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμη. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.	31
Σχήμα 14	Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς την περιεχόμενο των οστών των ποδιών σε μέταλλα . Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμη. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.	32
Σχήμα 15	Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς την πυκνότητα των οστών των ποδιών σε μέταλλα . Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμη. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.	33
Σχήμα 16	Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς την άλιπη μάζα των ποδιών. Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμη. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.	34
Σχήμα 17	Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς το ποσοστό λίπους των ποδιών. Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμη. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.	35

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Οστική ανάπτυξη

Η οστεοπόρωση, ένα σημαντικό πρόβλημα υγείας που γίνεται όλο και πιο διαδεδομένη με τη γήρανση του παγκόσμιου πληθυσμού. Η οστεοπόρωση είναι μια σκελετική διαταραχή που χαρακτηρίζεται από μειωμένη δύναμη των οστών, η οποία προδιαθέτει το άτομο σε αυξημένο κίνδυνο κατάγματος του ισχίου, της σπονδυλικής στήλης και άλλων σκελετικών θέσεων. Πολλοί παράγοντες κινδύνου σχετίζονται με οστεοπορωτικό κάταγμα, συμπεριλαμβανομένης της χαμηλής μέγιστης οστικής μάζας, ορμονικών παραγόντων, χρήσης ορισμένων φαρμάκων, καπνίσματος τσιγάρων, χαμηλής σωματικής δραστηριότητας, χαμηλής πρόσληψης ασβεστίου και βιταμίνης D, φυλής, μικρού μεγέθους σώματος, και ένα προσωπικό ή οικογενειακό ιστορικό κατάγματος. Η κλινική εκτίμηση των οστεοπορωτικών παραγόντων κινδύνου και τα αντικειμενικά μέτρα οστικής πυκνότητας των οστών μπορούν να βοηθήσουν στον εντοπισμό των ασθενών που θα επωφεληθούν από την παρέμβαση και, συνεπώς, μπορεί ενδεχομένως να μειώσει τη νοσηρότητα και τη θνησιμότητα που σχετίζονται με τα κατάγματα που σχετίζονται με την οστεοπόρωση σε αυτόν τον πληθυσμό. (Lane, 2006)

Τα οστά υποβάλλονται σε μεταλλοποίηση και αναδιαμόρφωση κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους (Glimcher, 1989). Μια ανισορροπία στη απορρόφηση και την παραγωγή οστικού ιστού συμβαίνει τόσο στους άνδρες όσο και στις γυναίκες κατά τη διάρκεια της ζωής. Αυτή η διαδικασία προκαλεί ανισορροπίες στη συγκέντρωση μετάλλων σε διάφορα τμήματα του σώματος, γεγονός που οδηγεί σε μείωση της μέσης τιμής της οστικής μάζας (Lee et al., 2020).

Η μοντελοποίηση είναι η διαδικασία με την οποία τα οστά αλλάζουν το συνολικό τους σχήμα ως απόκριση σε φυσιολογικές επιδράσεις ή μηχανικές δυνάμεις, οδηγώντας σε σταδιακή προσαρμογή του σκελετού στις δυνάμεις που ασκούνται. Τα οστά μπορεί να διευρυνθούν ή να αλλάξουν άξονα με αφαίρεση ή προσθήκη οστού στις κατάλληλες επιφάνειες με ανεξάρτητη δράση οστεοβλαστών και οστεοκλαστών σε απόκριση των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτά. Κατά τη μοντελοποίηση των οστών, ο σχηματισμός και η απορρόφηση των οστών δεν συνδέονται στενά, ενώ η μοντελοποίηση οστών είναι λιγότερο συχνή από την αναδιαμόρφωση σε ενήλικες (Clarke, 2008). Τη σύνθεση των οστών διέπει ο νόμος του Wolff, ο οποίος περιγράφει ότι τα μακριά οστά αλλάζουν σχήμα

για να προσαρμόσουν στις πιέσεις που τους ασκούνται. Για την προσαρμογή των οστών απαιτείται να εφαρμοστεί ελάχιστη δύναμη που αντιστοιχεί στο 1/10 της δύναμης που δύναται να προκαλέσει κάταγμα στο αντίστοιχο οστό. Μάλιστα, από τη στιγμή που τα οστά θα προσαρμοστούν αναπροσαρμόζεται και η απόλυτη τιμή της ελάχιστης δύναμης που πρέπει να εφαρμοστεί ώστε να προσαρμοστούν τα οστά (Frost, 1988).

Ο σχηματισμός των οστών διαρκεί περίπου 4 έως 6 μήνες για να ολοκληρωθεί. Οι οστεοβλάστες συνθέτουν νέα οργανική μήτρα κολλαγόνου και ρυθμίζουν την ανοργανοποίηση της μήτρας απελευθερώνοντας μικρά, συνδεδεμένα με μεμβράνη κυστίδια της μήτρας που συμπυκνώνουν ασβέστιο και φωσφορικό άλας και καταστρέφουν ενζυματικά τους αναστολείς μεταλλοποίησης όπως το πυροφωσφορικό ή τους πρωτεογλυκάνες (Anderson, 2003). Οι οστεοβλάστες περιτριγυρισμένοι και θαμμένοι μέσα στη μήτρα γίνονται οστεοκύτταρα με ένα εκτεταμένο κανάλι που το συνδέει με τα κύτταρα επένδυσης της οστικής επιφάνειας, τους οστεοβλάστες και άλλα οστεοκύτταρα, που διατηρούνται με διαχωρισμούς μεταξύ των κυτταροπλασματικών μεμβρανών που εκτείνονται από τα οστεοκύτταρα (Burger et al., 2003). Το δίκτυο οστεοκυττάρων εντός των οστών χρησιμεύει ως λειτουργικό συγκύτιο. Με την ολοκλήρωση του σχηματισμού οστού, περίπου το 50 έως 70% των οστεοβλαστών υφίστανται απόπτωση, με την πλειονότητα να γίνεται οστεοκύτταρα ή κύτταρα με επένδυση οστού. Τα κύτταρα επένδυσης των οστών μπορεί να ρυθμίζουν την εισροή και εκροή ιόντων ορυκτών μέσα και έξω από το εξωκυττάριο υγρό των οστών, χρησιμεύοντας ως φράγμα αίματος-οστού, αλλά διατηρούν την ικανότητα να διαφοροποιούνται σε οστεοβλάστες κατά την έκθεση σε παραθυρεοειδή ορμόνη ή μηχανικές δυνάμεις (Dobnig & Turner, 1995). Τα κύτταρα με επένδυση οστού εντός του ενδοστόμου ανασηκώνονται από την επιφάνεια του οστού πριν από την απορρόφηση των οστών για να σχηματίσουν διακριτά διαμερίσματα αναδιαμόρφωσης οστού με εξειδικευμένο μικροπεριβάλλον (Hauge et al., 2001).

1.2. Κορυφαία οστική πυκνότητα και η σημασία της στην πρόληψη της οστεοπορώσης

Η μέγιστη οστική μάζα (Peak Bone Mass, PBM) μπορεί να οριστεί ως η ποσότητα του οστικού ιστού που υπάρχει στο τέλος της σκελετικής ωρίμανσης. Η βιολογική αυτή μεταβλητή είναι ένας καθοριστικός παράγοντας για την πρόληψη οστεοπορωτικού κατάγματος, αφού η μάζα του οστικού ιστού που υπάρχει οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διάρκεια της ενήλικης ζωής είναι απλώς η διαφορά ανάμεσα στο ποσό που επιτυγχάνεται

στην ωριμότητα και που χάθηκε με τη γήρανση. Ως εκ τούτου, υπάρχει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για έρευνες που αποσκοπούν στην κατανόηση του τρόπου που η οστική μάζα εξελίσσεται κατά την ανάπτυξη και στον εντοπισμό των σημαντικότερων παραγόντων που επηρεάζουν την αύξηση της τιμής του. (Bonjour et al., 1994).

Στο πλαίσιο της οστεοπόρωσης, οποιοδήποτε πρόγραμμα πρόληψης ή θεραπευτική στρατηγική αποσκοπεί στη μείωση του κινδύνου οστεοπορωτικού κατάγματος, δηλαδή στην διατήρηση ή αύξηση της αντίστασης του σκελετού σε μηχανική καταπόνηση. Μεταξύ των διαφορετικών μεταβλητών που προσδιορίζουν αυτήν την αντίσταση στη μηχανική καταπόνηση, είναι η οστική μάζα και η οστική πυκνότητα. Η οστική μάζα ενός μέρους του σκελετού εξαρτάται άμεσα τόσο από τον όγκο του όσο και από το μέγεθος και την πυκνότητα του μεταλλοποιημένου ιστού που περιέχεται μέσα στον περιόστεο φάκελό του. Η μέθοδος με την οποία αξιολογείται η οστική κατάσταση (περιεχόμενο των οστών σε μέταλλα και η οστική πυκνότητα) είναι αυτή της αποροφησιομετρίας ακτινών Χ διπλής ενέργειας (Dual X ray Absorptiometry, DXA). Το DXA μετράει τη λεγόμενη οριακή μεταλλική πυκνότητα περιφερειακών ή επιφανειακών οστών (BMD σε γραμμάρια υδροξυαπατίτη ανά τετραγωνικό εκατοστό). Οι τιμές που δημιουργούνται από αυτές τις τεχνικές είναι άμεσα εξαρτημένες τόσο από το μέγεθος, όσο και από το περιεχόμενο των οστών σε μέταλλα. Το BMD της περιοχής είναι κλινικής σημασίας για στο πλαίσιο της οστεοπόρωσης. Πράγματι, οι τιμές της οστικής πυκνότητας έχει αποδειχθεί ότι σχετίζεται άμεσα με τη δύναμη των οστών, δηλαδή την αντίσταση του σκελετού στη μηχανική καταπόνηση. Έτσι, αυτή είναι μια αντίστροφη σχέση μεταξύ των τοπικών τιμών BMD και της πιθανότητας των οστεοπορωτικών καταγμάτων (Spiegel, 1996).

Σε ένα μαθηματικό μοντέλο που χρησιμοποίησε αρκετές πειραματικές μεταβλητές για να προβλέψει τις σχετικές επιδράσεις της μέγιστης οστικής μάζας, της εμμηνόπαυσης και της οστικής απώλειας που σχετίζεται με την ηλικία στην ανάπτυξη της οστεοπόρωσης, υπολογίστηκε ότι μια αύξηση της μέγιστης οστικής μάζας κατά 10% θα καθυστερούσε την εμφάνιση οστεοπόρωσης κατά 13 χρόνια. Σε σύγκριση, μια αύξηση 10% στην ηλικία της εμμηνόπαυσης ή μια μείωση 10% στην οστική απώλεια που σχετίζεται με την ηλικία θα καθυστερούσε μόνο την έναρξη της οστεοπόρωσης κατά 2 χρόνια. Έτσι, αυτή η θεωρητική ανάλυση δείχνει ότι η επίτευξη όσο τον δυνατόν υψηλότερης κορυφαίας οστικής μάζας

μέγιστη είναι, μεταξύ άλλων, ένας από τους παράγοντες πρόληψης της οστεοπόρωσης στην ύστερη ενήλικη ζωή και τη γήρανση (Zhu & Zheng, 2021).

1.3. Ασκησιογενής προσαρμογές των οστών

Η αθλητική δραστηριότητα έχει προταθεί ως μια χαμηλού κόστους και ασφαλής στρατηγική μη φαρμακολογικής παρέμβασης για τη διατήρηση της μυοσκελετικής υγείας (Beck et al., 2017). Αν και συγκεκριμένοι μηχανισμοί μέσω των οποίων η άσκηση βελτιώνει την υγεία των οστών δεν έχουν ακόμη διευκρινιστεί πλήρως, είναι ευρέως αποδεκτό ότι το μηχανικό φορτίο που προκαλείται από την άσκηση αυξάνει τη μυϊκή μάζα, προκαλεί μηχανική επιβάρυνση στο σκελετό και ενισχύει τη δραστηριότητα των οστεοβλαστών (Fleg, 2012). Ωστόσο, δεν είναι όλες οι μέθοδοι άσκησης εξίσου οστεογενείς. Κατά την άσκηση για την πρόκληση οστεογόνου αποτελέσματος, το μηχανικό φορτίο που εφαρμόζεται στα οστά θα πρέπει να υπερβαίνει αυτό που συναντάται κατά τη διάρκεια καθημερινών δραστηριοτήτων (Frost, 1988). Άσκηση με βάρη όπως προγράμματα με άλματα ή η άσκηση προοδευτικής αντίστασης (RE), μόνη ή σε συνδυασμό μπορούν να βελτιώσουν την υγεία των οστών σε ενήλικες ή κατά τη γήρανση (Beck et al., 2017). Μεταξύ αυτών, η άσκηση με βάρη έχει επισημανθεί ως η πιο ελπιδοφόρα παρέμβαση για τη διατήρηση ή αύξηση της οστικής μάζας και πυκνότητας σε άτομα τρίτης ηλικίας (Vincent & Braith, 2002). Αυτό συμβαίνει επειδή μια ποικιλία μυϊκών φορτίων εφαρμόζονται στο οστό κατά τη διάρκεια της της προπόνησης με αντιστάσεις, τα οποία δημιουργούν ερεθίσματα και προάγουν μια οστεογενή απόκριση του οστού (Turner & Robling, 2005).

Η μηχανική φόρτιση είναι θεμελιώδης παράγοντας για την αύξηση της οστικής μάζας. Το οστό διαθέτει ένα εγγενές βιολογικό σύστημα για να προκαλέσει σχηματισμό οστού ως απόκριση σε υψηλά μηχανικά στελέχη, ενισχύοντας έτσι το οστό. Αυτό το σύστημα περιλαμβάνει τα οστικά κύτταρα, κυρίως οστεοκύτταρα, που μπορούν να ανιχνεύσουν και να ανταποκριθούν σε μηχανική φόρτιση. Τα οστεοκύτταρα παίζουν βασικό ρόλο στη διαδικασία αναδιαμόρφωσης ανιχνεύοντας τα μηχανικά φορτία και μεταδίδοντας τις πληροφορίες στους οστεοβλάστες και τους οστεοκλάστες, οι οποίοι στη συνέχεια διατηρούν τη σκελετική ομοιόσταση. Ο σχηματισμός οστού αυξάνεται σε περιοχές υψηλής καταπόνησης, συγκεκριμένα, στην περιοχή του περιόστεου οστού, ενώ ο κύκλος και το πορώδες των οστών μειώνονται. Κατά συνέπεια, η μηχανική φόρτιση

μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της διατομής και της πυκνότητας των ιστών των οστών. Επιπλέον, αυτή η θεωρία υποδεικνύει ότι η σκελετική επίδραση της μηχανικής φόρτωσης είναι συγκεκριμένη για τη θέση, με μεγαλύτερη απόκριση σε σκελετικές θέσεις όπου οι επιπτώσεις φόρτωσης είναι μεγαλύτερες. Επιπλέον, έχει προταθεί ότι η προσαρμογή των οστών σε μηχανική φόρτιση επηρεάζει όχι μόνο το BMD αλλά και τους γεωμετρικούς δείκτες της οστικής αντοχής (Kukuljan et al., 2011). Αυτό θα είχε σημασία για την πρόληψη κατάγματος επειδή η ευθραυστότητα των οστών είναι συνέπεια τόσο των υλικών όσο και των δομικών ανωμαλιών του σκελετού (LaCroix et al., 2010).

Έχει αποδειχθεί ότι η αθλητική συμμετοχή είναι ζωτικής σημασίας για την υγιή ανάπτυξη των οστών, ωστόσο δεν έχουν όλα τα αθλήματα θετική επίδραση στη σκελετική μάζα. Σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά, τα αθλήματα μπορούν να περιγραφούν ως οστεογενή (άσκηση με βάρη) και μη οστεογενή (άσκηση χωρίς βάρη). Για παράδειγμα το ποδόσφαιρο θεωρείται οστεογενές άθλημα τόσο στην παιδική όσο και στην εφηβική ηλικία. Αντίθετα, αθλήματα όπως η ποδηλασία ή το κολύμπι δεν σχετίζεται με καμία αλλαγή ή σχετίζονται με μειωμένες τιμές οστικής μάζας, ίσως λόγω της περιορισμένης ενασχόλησης με οστεογενής δραστηριότητες εξαιτίας έλλειψης χρόνου. Αυτό θα μπορούσε αποτελεί εμπόδιο για την απόκτηση υψηλής κορυφαίας οστικής πυκνότητας που μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τη μελλοντική υγεία των οστών (Vlachopoulos et al., 2017).

1.4. Η οστική κατάσταση στην κολύμβηση

Γενικά έχει παρατηρηθεί ότι οι κολυμβητές παρουσιάζουν χαμηλότερη οστική πυκνότητα από τους αθλητές που ασκούν αθλήματα με υψηλό φορτίο και παρόμοιες τιμές σε σύγκριση με τους ανθρώπους που διάγουν καθιστική ζωή. Ωστόσο, οι κολυμβητές έχουν υψηλότερο κύκλο οστού από τους ανθρώπους με καθιστική ζωή, με αποτέλεσμα την διαφορετική δομή, η οποία με τη σειρά της οδηγεί σε υψηλότερη αντίσταση στους δείκτες καταγμάτων. Παρ' όλα αυτά, η κολύμβηση μπορεί να γίνει ιδιαίτερα ευεργετική όσον αφορά την οστική μάζα στα μεταγενέστερα στάδια της ζωής, λόγω της χαμηλής βαρύτητας και της έλλειψης πρόσκρουσης που χαρακτηρίζει αυτό το άθλημα (Gómez-Bruton et al., 2013). Οι περισσότερες από τις μελέτες έδειξαν παρόμοιες τιμές οστικής πυκνότητας οστού σε κολυμβητές και καθιστικούς ανθρώπους. Ωστόσο, οι κολυμβητές παρουσιάζουν υψηλότερο κύκλο οστού από τους καθιστικούς ανθρώπους που μπορεί να

οδηγήσουν σε ισχυρότερη δομή και κατά συνέπεια σε ισχυρότερο οστό (Gómez-Bruton et al., 2013).

Σε μια πρώτη έρευνα του Vlachoroulou και των συν. (2017) βρέθηκε ότι η ενασχόληση με την κολύμβηση ή την ποδηλασία στα στάδια της ανάπτυξης έχει ως αποτέλεσμα την μειωμένη οστική πυκνότητα. (Vlachoroulos et al., 2017). Ωστόσο, στη συνέχεια η ίδια ερευνητική ομάδα διεξήγαγε μελέτη στην οποία οι νεαροί κολυμβητές συμμετείχαν επιπρόσθετα σε πρόγραμμα πλειομετρικής προπόνησης, το οποίο είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση της οστικής πυκνότητας σε τιμές συγκρίσιμες με οστεογενή αθλήματα όπως το ποδόσφαιρο (Vlachoroulos et al., 2018). Ενώ η κολύμβηση σχετίζεται με πολλά οφέλη για την υγεία, δεν φαίνεται να είναι ένα αποτελεσματικό άθλημα για τη βελτίωση της πυκνότητας των οστών σύμφωνα και με Gomez-Bruton και του συνεργάτες του(2016). Οι κολυμβητές ενδέχεται να χρειάζονται επιπλέον οστεογενείς ασκήσεις για την αύξηση των τιμών BMD. Συνεπώς αρκετές μελέτες δείχνουν την υστέρηση της κολύμβησης στα στάδια ανάπτυξης αλλά δεν υπάρχουν αρκετές που να δείχνουν πως επηρεάζεται η κορυφαία οστική πυκνότητα .

Ορισμένες παράμετροι που επηρεάζουν τα οστά είναι το ορμονικό προφίλ για παράδειγμα, τα οιστρογόνα έχουν αποδειχθεί ότι διεγείρουν τον πολλαπλασιασμό των οστεοβλαστών. Εκτός από τη γενετική προδιάθεση και τους φυσιολογικούς παράγοντες, η πρόσληψη ασβεστίου και βιταμίνης D καθώς και ένας ο ενεργός τρόπος ζωής είναι από τους σημαντικότερους παράγοντες που σχετίζονται με την κορυφαία απόκτηση οστικής μάζας. Οι διαφορές φύλου στην απόκτηση κορυφαίας οστικής μάζας είναι καλά τεκμηριωμένες στους ανθρώπους, επομένως είναι κι αυτός ένας σημαντικός παράγοντας στην αξιολόγηση της οστικής κατάστασης κάποιου. Τέλος η ηλικία είναι κι αυτός ένας καθοριστικός παράγοντας που καθορίζει την οστική κατάσταση. Παρατηρήσαμε ότι το κολύμπι δεν φαίνεται να επηρεάζει αρνητικά την οστική μάζα και μπορεί να παρέχει ισχυρότερη δομή οστού από αυτή των ανθρώπων με καθιστική ζωή, αλλά ασθενέστερη από εκείνη των άλλων αθλημάτων ανεξάρτητα από την ηλικιακή ομάδα: παιδιά, έφηβοι ή ενήλικες. Ωστόσο, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, φαίνεται ότι το κολύμπι μπορεί να είναι πιο ωφέλιμο αργότερα στη ζωή. Είναι πιθανό ότι αυτές οι υψηλότερες τιμές οστικής μάζας σε αυτόν τον ηλικιωμένο πληθυσμό οφείλονταν σε μια πιο ενεργή ζωή από τους ανθρώπους που διάγουν καθιστική ζωή (Gomez-Bruton et al., 2018).

Συμπερασματικά, από τη βιβλιογραφία προκύπτει πως η συμμετοχή στο άθλημα της κολύμβησης ενδεχομένως να συνεπάγεται τη μειωμένη οστική πυκνότητα ιδιαίτερα κατά τα στάδια ανάπτυξης. Ωστόσο, με εξαίρεση ελάχιστες περιπτώσεις, δεν έχει μελετηθεί η επίδραση της συμμετοχής στο άθλημα της κολύμβησης στα στάδια ανάπτυξης στην κορυφαία οστική μάζα που αποτελεί παράγοντα πρόληψης της οστεοπόρωσης.

1.5. Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της μελέτης είναι να εξετάσει την επίδραση της συμμετοχής στο άθλημα της κολύμβησης, από τα στάδια ανάπτυξης ως την ενηλικίωση, στην κορυφαία οστική πυκνότητα αθλητών ηλικία 20-28 ετών.

1.6. Ερευνητικές υποθέσεις

Για τις ανάγκες της μελέτης δημιουργήθηκαν τρεις πειραματικές ομάδες. Η ομάδα αθλητών κολύμβησης, η ομάδα αθλητών κολύμβησης που επιπρόσθετα πραγματοποιούσαν προπόνηση με βάρη και η ομάδα με αθλητές ποδοσφαίρου η οποία επί της ουσίας ήταν η ομάδα ελέγχου ως προς το ανώτερο όριο οστικής πυκνότητας κατά την περίοδο της μέγιστης οστικής μάζας. Η ερευνητική υπόθεση είναι πως οι κολυμβητές θα παρουσιάσουν υψηλότερες ή παρόμοιες τιμές οστικής πυκνότητας σε σύγκριση με τις τιμές αναφοράς του γενικού πληθυσμού και σημαντικά μικρότερες τιμές από τους αθλητές ποδοσφαίρου.

1.7. Οριοθετήσεις και Περιορισμοί

Στη μελέτη συμμετείχαν αθλητές κολύμβησης και ποδοσφαίρου οι οποίοι δήλωσαν στοιχεία του προπονητικού τους προγράμματος το οποίο, ωστόσο, δεν καταγράφηκε από τους ερευνητές. Ως εκ τούτου οι ερευνητές έπρεπε να στηριχθούν στην ειλικρίνεια τους. Ακόμη, όλοι οι συμμετέχοντες στη μελέτη ήταν φοιτητές του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης, οπότε και χαρακτηρίζονται ως άτομα μέσης ή υψηλής φυσικής δραστηριότητας. Τέλος στη μελέτη δεν εξετάστηκαν οι παράμετροι της διατροφής και της φυσικής δραστηριότητας που ενδεχομένως να συμβάλλουν στη διαμόρφωση της οστικής κατάστασης των αθλητών.

1.8.Ορισμοί και Συντομογραφίες

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

BMC: Bone Mineral Content, Περιεχόμενο των οστών σε μέταλλα.

BMD: Bone Mineral Density, Οστική Πυκνότητα

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1. Δείγμα

Στη μελέτη εξετάστηκαν 24 ενήλικοι άνδρες ηλικίας $21 \pm 1,8$ (έτη), με ύψος $177,3 \pm 6,7$ (εκ.) και $73,5 \pm 6,5$ (κιλά). Οι 8 από αυτούς ασχολούνταν αποκλειστικά με την κολύμβηση για περισσότερα από 10 συνεχή χρόνια, οι 8 έκαναν κολύμβηση για πάνω από δέκα χρόνια και γυμνάζονταν με βάρη για περισσότερο από ένα χρόνο με συχνότητα μεγαλύτερη από 2 φορές/εβδομάδα και οι τελευταίοι 8 ασχολούνταν αποκλειστικά με το ποδόσφαιρο. Κανείς από τους συμμετέχοντες δεν είχε υποστεί οποιοδήποτε τραυματισμό τον τελευταίο ένα χρόνο, δεν λάμβανε κάποια φαρμακευτική αγωγή που να επηρεάζει το αποτέλεσμα των μετρήσεων και δεν είχε κάποια γνωστή πάθηση που να επηρεάζει την κατάσταση των οστών.

2.2. Πειραματικός σχεδιασμός

Για τις ανάγκες της μελέτης πραγματοποιήθηκε ημερίδα ενημέρωσης των εθελοντών. Στους εθελοντές δόθηκαν πληροφορίες σχετικές με το σκοπό της μελέτης και τις διαδικασίες μέτρησης και ιδιαίτερη αναφορά πραγματοποιήθηκε στο ότι το μηχάνημα DXA βασίζει τη λειτουργία του στην απορρόφηση ακτινών X διπλής ενέργειας και πως θα δεχθούν ιονίζουσα ακτινοβολία που αντιστοιχεί στο 1/10 μιας ακτινογραφίας. Στη συνέχεια όσοι επιθυμούσαν συμπλήρωσαν το έντυπο συγκατάθεσης το οποίο και υπέγραψαν. Στη μελέτη και για τον έλεγχο των υποθέσεων σχηματίστηκαν τρεις ομάδες. Η ομάδα κολύμβησης, η ομάδα κολύμβησης που ταυτόχρονα οι συμμετέχοντες σε αυτή πραγματοποιούσαν προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης και η ομάδα ποδοσφαίρου η οποία ουσιαστικά αποτέλεσε την ομάδα ελέγχου ως μία δραστηριότητα που προκαλεί ιδιαίτερα αυξημένη οστική μάζα και πυκνότητα κατά την περίοδο της κορυφαίας οστικής μάζας. Για τη σύγκριση των ομάδων κολύμβησης με την τιμή αναφοράς του γενικού πληθυσμού χρησιμοποιήθηκε η παράμετρος age matched για άνδρες της καυκάσιας φυλής, όπως αυτή είναι καταχωρημένη σε βάσεις δεδομένων της εταιρείας General Electric.

2.3. Περιγραφή μετρήσεων και όργανα μέτρησης

Η αξιολόγηση της σύστασης σώματος έγινε με τη μέθοδο της απορροφησιμετρίας ακτίνων X διπλής ενέργειας (DXA). Το μηχάνημα που χρησιμοποιήθηκε για την

πραγματοποίηση των μετρήσεων ήταν το Lunar DPX-NT (GE Healthcare, Diegem, Belgium). Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στη διαφορετική απορροφησιμότητα των δύο ακτίνων Χ από τα μαλακά μόρια του σώματος και τα οστικά άλατα. Η μέτρηση βασίζεται στην αρχή της διαφορετικής, εκθετικής εξασθένισης της προσπίπτουσας δέσμης των δύο διαφορετικών ενεργειακών επιπέδων ακτίνων Χ. Η ακτινοβολία που δέχθηκαν οι αθλήτριες ήταν 1-10 μSv , η οποία είναι χαμηλότερη από τη μέση ημερήσια ακτινοβολία που εκτίθεται ο καθένας.

Απαραίτητες προϋποθέσεις για την αξιολόγηση της σύστασης σώματος ήταν να μην έχουν φάει κατά την διάρκεια της νύχτα. Οι συμμετέχοντες στη μελέτη προσέρχονταν με ελαφρύ ρουχισμό 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. Έπειτα τοποθετούνταν ζώνες περιδέσης 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.

2.4. Στατιστική ανάλυση

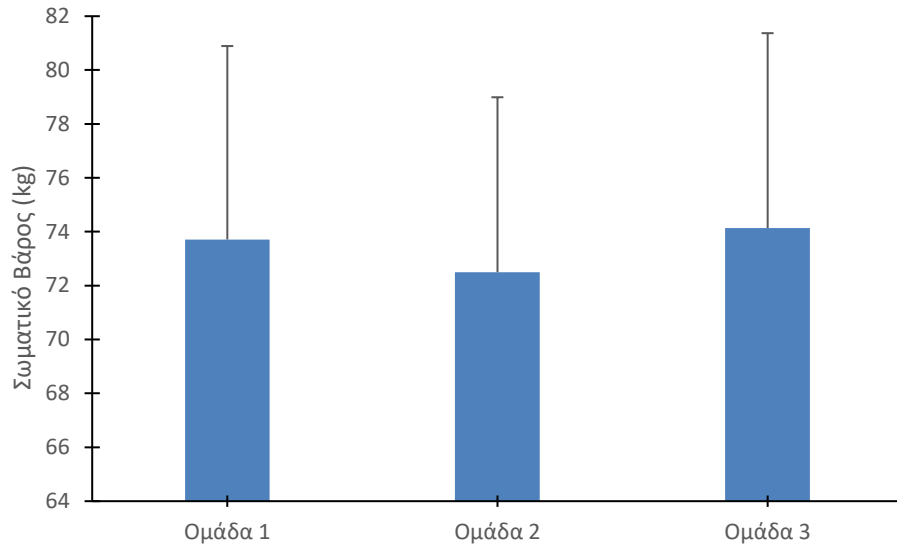
Σκοπός της μελέτης ήταν να εξετάσει την οστική κατάσταση αθλητών κολύμβησης κατά την περίοδο της μέγιστης οστικής μάζας. Για τις ανάγκες της μελέτης σχηματίστηκαν τρεις ομάδες α) η ομάδα κολύμβησης, β) η ομάδα κολύμβησης με ταυτόχρονη συμμετοχή σε προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης και γ) η ομάδα ποδοσφαίρου. Για την ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν ανεξάρτητο παράγοντα (ομάδα με τρία επίπεδα). Στη μεταβλητή της περιεκτικότητας των οστών σε όλο το σώμα πραγματοποιήθηκε περιγραφική σύγκριση με την τιμή αναφοράς για το γενικό πληθυσμό. Όπου διαπιστώθηκε σημαντική επίδραση του παράγοντα ομάδα, πραγματοποιήθηκε έλεγχος ζευγαρωτών συγκρίσεων με τη μέθοδο των ελαχίστων διαφορών (Least Significant Difference). Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο 0,05.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί η σύσταση σώματος και η οστική κατάσταση αθλητών κολύμβησης. Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκαν τρεις πειραματικές ομάδες. Η πρώτη ήταν η ομάδα κολύμβησης, η δεύτερη η ομάδα κολύμβησης που ταυτόχρονα συμμετείχαν και σε προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης με βάρη και η τρίτη η ομάδα ποδοσφαίρου. Η ομάδα ποδοσφαίρου χρησιμοποιήθηκε ως μέτρο σύγκρισης λόγω του ότι είναι οστεογένης άθλημα. Για τις ανάγκες της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας αξιολογήθηκαν ως εξαρτημένες μεταβλητές το σωματικό βάρος, η άλιπη σωματική μάζα, και η λιπώδης μάζα όλου του σώματος. Οι ίδιες παράμετροι αξιολογήθηκαν επίσης στην ανατομική περιοχή του κορμού, των χεριών και των ποδιών. Τα αποτελέσματα σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται με τη σειρά που αναφέρθηκαν οι μεταβλητές.

3.1. Σωματικό βάρος

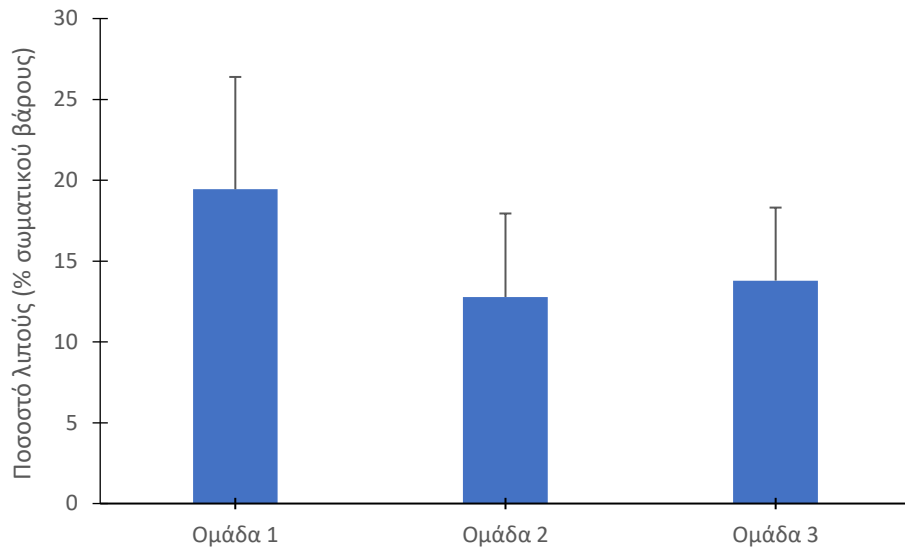
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα ομάδα. Ως εκ τούτου, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών ομάδων στο σωματικό βάρος [$F(2,23)=0,098$; $p=0,91$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς το σωματικό βάρος. Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμης. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.

3.2. Ποσοστό λίπους

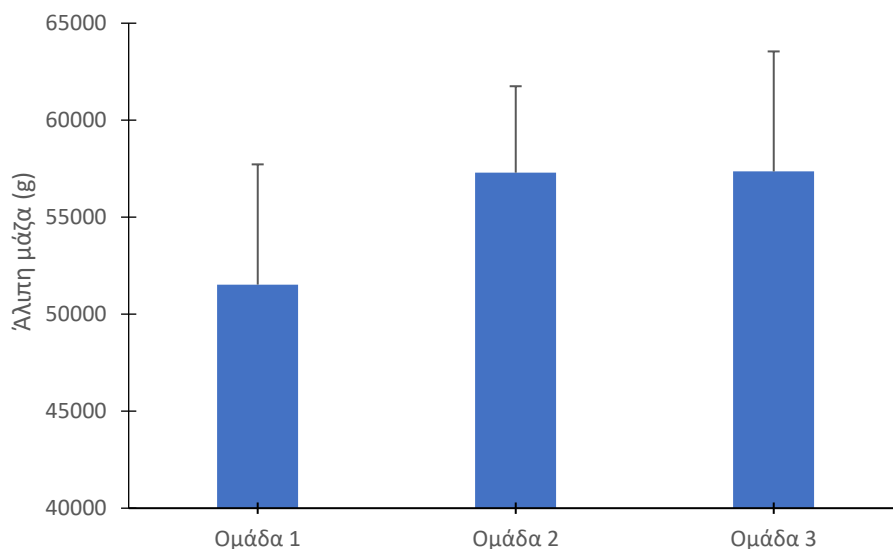
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα ομάδα. Ως εκ τούτου, δεν παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ των τριών ομάδων στο ποσοστό λίπους [$F(2,23)= 2,78$; $p= 0,09$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2. Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς το ποσοστό λίπους. Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμης. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.

3.3. Άλιπη μάζα

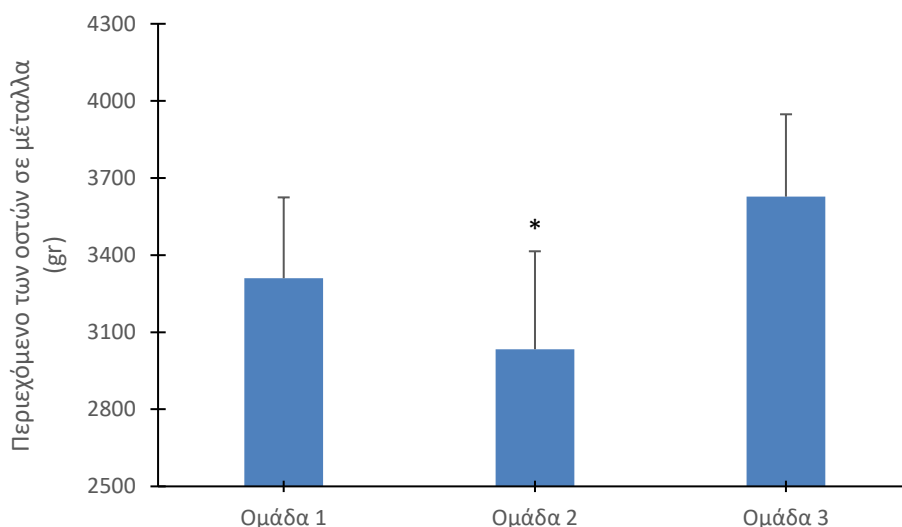
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα α δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα ομάδα. Ως εκ τούτου, δεν παρατηρήθηκε μεταξύ των τριών ομάδων στην άλιπη μυϊκή μάζα [$F(2,23)= 2,78$; $p= 0,08$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.



Σχήμα 3. Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς την άλιπη σωματική μάζα. Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμης. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.

3.4. Περιεχόμενο οστών σε μέταλλα

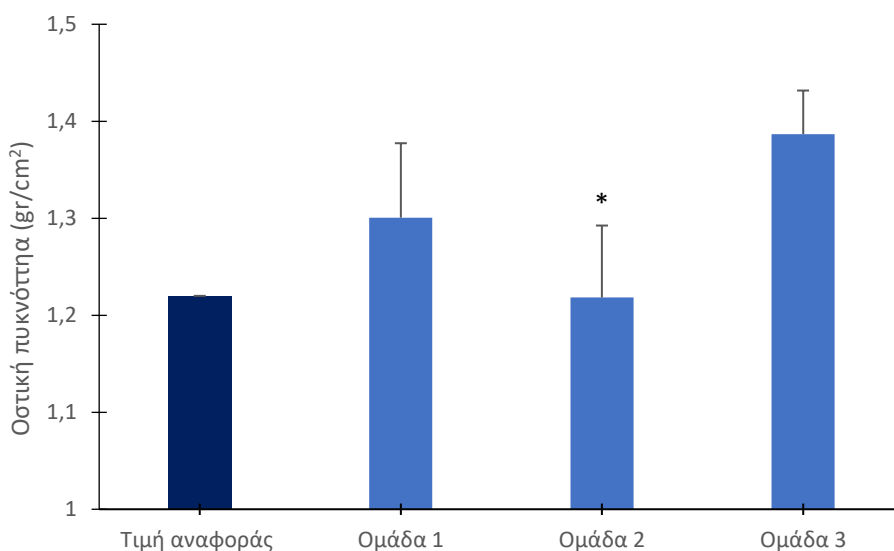
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα ομάδα στο περιεχόμενο των οστών σε μέταλλα [$F(2,23)= 6,11; p < 0,05$]. Από τον έλεγχο των ζευγαρωτών συγκρίσεων διαπιστώθηκε πως διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους μόνο η ομάδα 2 με την ομάδα 3. Η ομάδα 3 παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές (Σχήμα 4).



Σχήμα 4. Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς το περιεχόμενο των οστών σε μέταλλα (gr) . Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμης. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου. *, στατιστικά σημαντική διαφορά με την ομάδα 3.

3.5. Οστική πυκνότητα όλου του σώματος

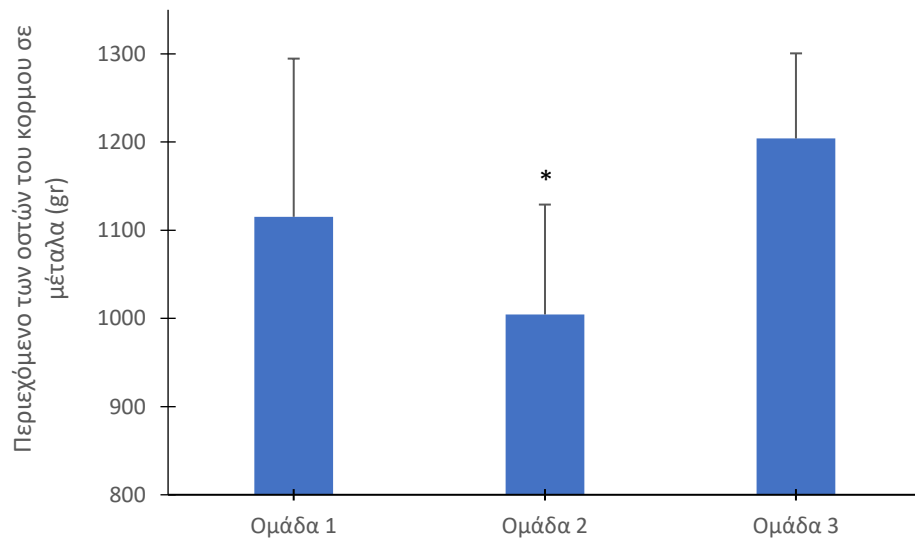
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα ομάδα στην οστική πυκνότητα όλου του σώματος [$F(2,23)= 12,698$; $p < 0,05$]. Από τον έλεγχο των ζευγαρωτών συγκρίσεων διαπιστώθηκε πως διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους μόνο η ομάδα 2 με την η ομάδα 3. Στο Σχήμα 5 παρουσιάζεται η τιμή αναφοράς της οστικής πυκνότητας για το γενικό πληθυσμό για την καυκάσια φυλή. Από τη σύγκριση των μέσων όρων της ομάδας 1, της ομάδας και της ομάδας 3 με την τιμή αναφοράς διαπιστώθηκε οι μέσοι όροι των πειραματικών ομάδων ήταν 106,6%, 100,1% και 113,6% αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα που αφορούν στην οστική πυκνότητα όλου του σώματος παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.



Σχήμα 5. Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς την πυκνότητα των οστών σε μέταλλα (gr/kg). Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμης. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου. *, στατιστικά σημαντική διαφορά με την ομάδα 3.

3.6. Περιεχόμενο των οστών του κορμού σε μέταλλα

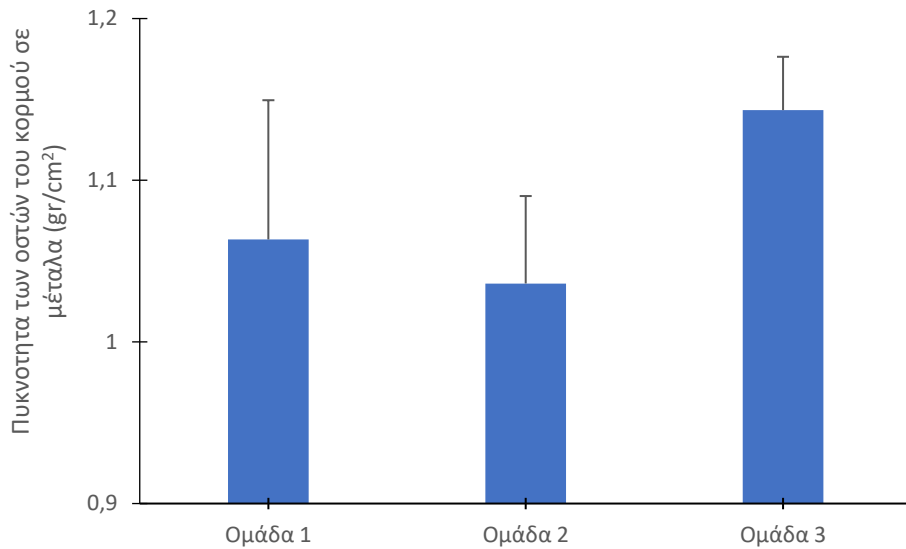
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα ομάδα στο περιεχόμενο των οστών του κορμού σε μέταλλα [$F_{(2,23)} = 4,202$; $p < 0,05$]. Από τον έλεγχο των ζευγαρωτών συγκρίσεων διαπιστώθηκε πως διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους η ομάδα 2 και η ομάδα 3. Η ομάδα 3 παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές (Σχήμα 6).



Σχήμα 6. Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς το περιεχόμενο των οστών του κορμού σε μέταλλα (gr) . Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμης. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου. *, στατιστικά σημαντική διαφορά με την ομάδα 3.

3.7. Οστική πυκνότητα του κορμού

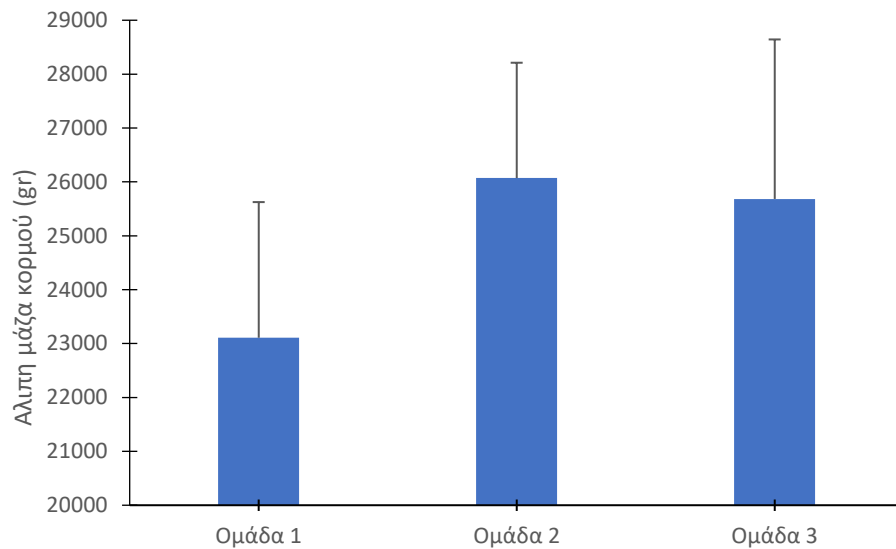
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα ομάδα [$F_{(2,23)} = 2,78$; $p = 0,09$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 7.



Σχήμα 7. Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς την πυκνότητα των οστών του κορμού σε μέταλλα (gr/kg). Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμης. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.

3.8. Άλιπη μάζα κορμού

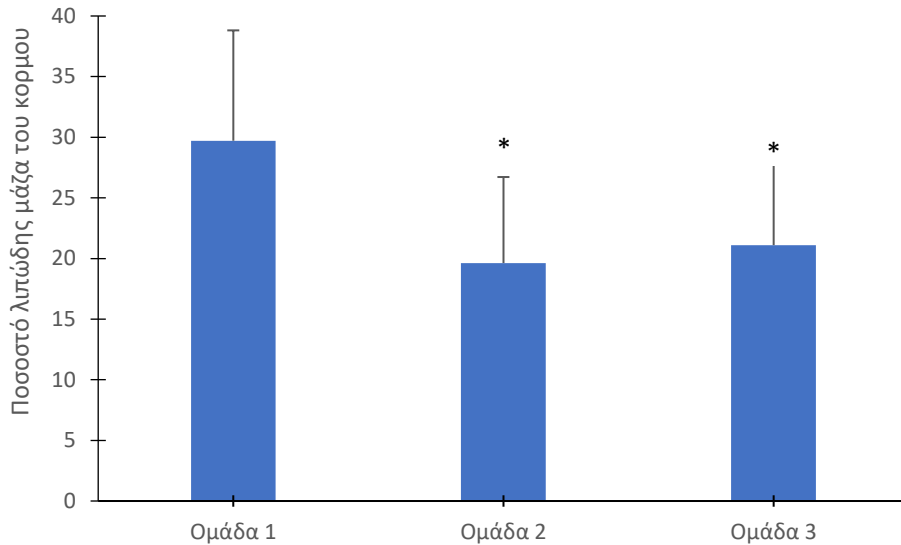
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα ομάδα στην άλιπη μάζα του κορμού [$F(2,23)= 3,163$; $p= 0,63$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 8.



Σχήμα 8. Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς την άλιπη μάζα κορμού. Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμης. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.

3.9. Ποσοστό λίπους κορμού

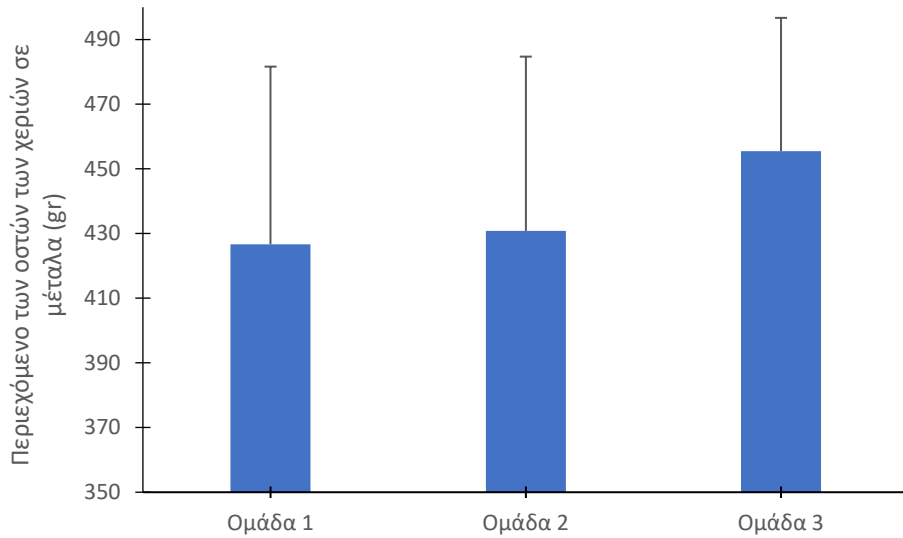
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα ομάδα στο ποσοστό λίπους του κορμού [$F(2,23)=3,86$; $p < 0,05$). Από τον έλεγχο των ζευγαρωτών συγκρίσεων διαπιστώθηκε πως διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους η ομάδα 1 με την ομάδα 2 και 3. Η ομάδα 1 παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές (Σχήμα 9).



Σχήμα 9. Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς το ποσοστό σωματικού λίπους του κορμού. Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμης. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου. *, στατιστικά σημαντική διαφορά με την ομάδα 1.

3.10. Περιεχόμενο των οστών σε μέταλλα στα άνω άκρα

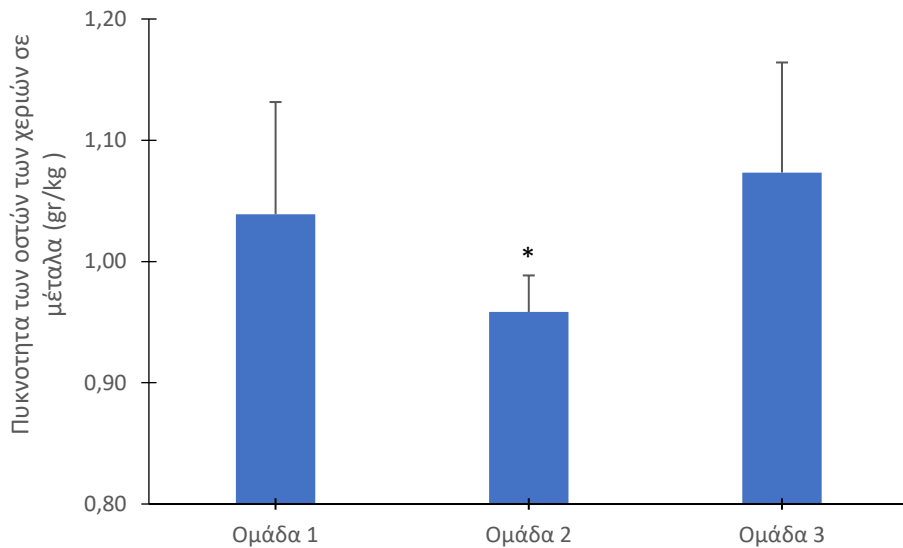
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα δεν διαπιστώθηκε στατιστικά επίδραση του παράγοντα ομάδα στο περιεχόμενο των οστών των άνω άκρων με μέταλλα [$F(2,23)= 0,76$; $p= 0,48$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 10.



Σχήμα 10. Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς το περιεχόμενο των οστών των χεριών σε μέταλλα. Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμη. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.

3.11. Οστική πυκνότητα στα άνω άκρα

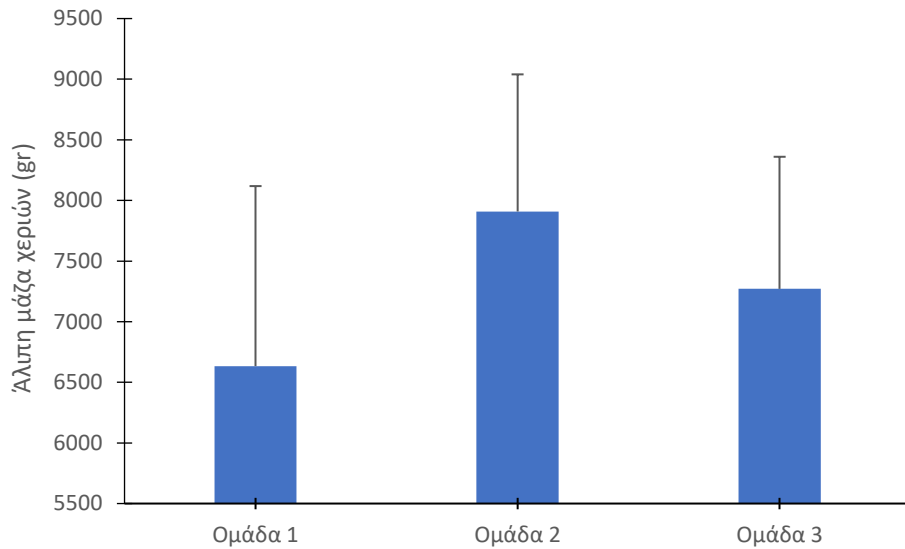
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα ομάδα στην οστική πυκνότητα των άνω άκρων [$F(2,23)= 4,724$; $p < 0,05$]. Από τον έλεγχο των ζευγαρωτών συγκρίσεων διαπιστώθηκε πως διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους η ομάδα 2 με την ομάδα 3. Η ομάδα 3 παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές (Σχήμα 11).



Σχήμα 11. Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς την πυκνότητα των οστών των χεριών σε μέταλλα. Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμη. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου. *, στατιστικά σημαντική διαφορά με την ομάδα 3.

3.12. Άλιπη μάζα χεριών

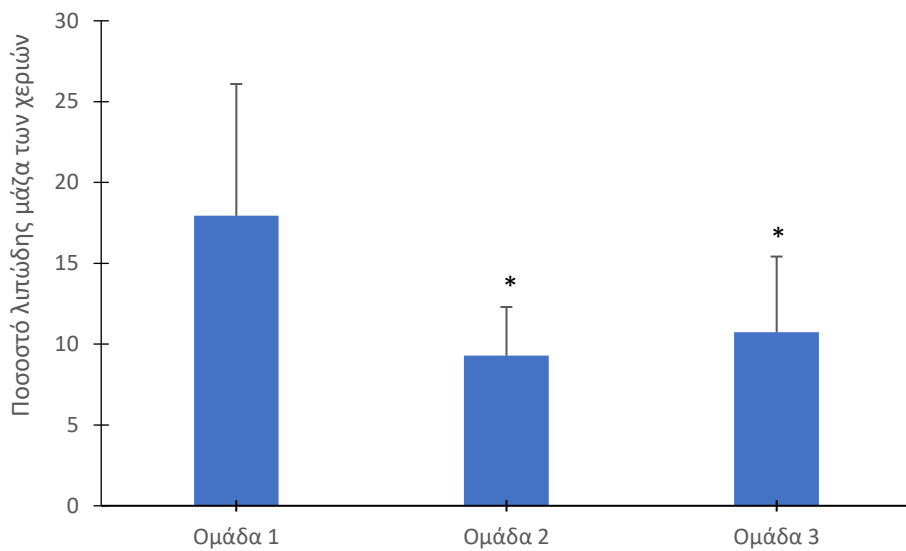
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα ομάδα στην άλιπη μάζα των χεριών [$F(2,23)= 2,09$; $p= 0,149$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 12.



Σχήμα 12. Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς την άλιπη μάζα των χεριών . Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμη. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.

3.13. Ποσοστό λιπώδους μάζας των χεριών

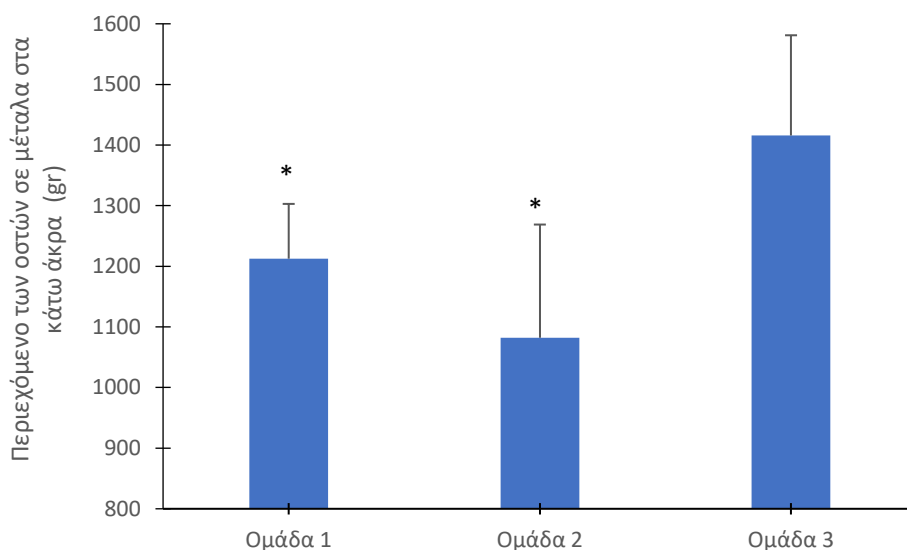
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα ομάδα στο ποσοστό λιπώδους μάζας των χεριών [$F(2,23)= 5,32$; $p < 0,05$]. Από τον έλεγχο των ζευγαρωτών συγκρίσεων διαπιστώθηκε πως διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους η ομάδα 1 με την ομάδα 2 και ομάδα 3. Η ομάδα 1 παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές (Σχήμα 13).



Σχήμα 13. Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς το ποσοστό λίπους των χεριών. Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμη. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου. *, στατιστικά σημαντική διαφορά με την ομάδα 1.

3.14. Περιεχόμενο των οστών σε μέταλλα στα κάτω άκρα

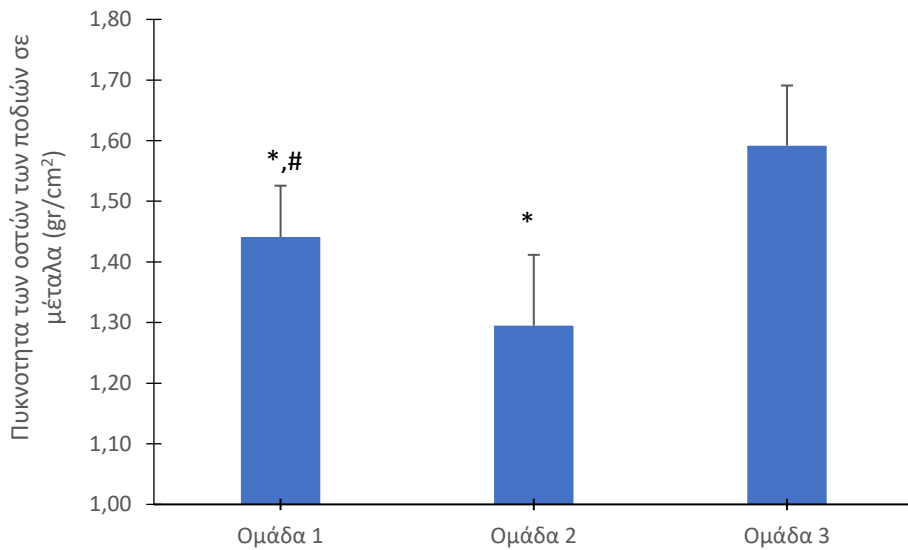
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα ομάδα [$F(2,23)= 9,641$; $p < 0,05$] στο περιεχόμενο των οστών των κάτω άκρων σε μέταλλα. Από τον έλεγχο των ζευγαρωτών συγκρίσεων διαπιστώθηκε πως διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους η ομάδα 3 με την 1 και 2. Η ομάδα 3 παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές (Σχήμα 14).



Σχήμα 14. Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς την περιεχόμενο των οστών των ποδιών σε μέταλλα . Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμη. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου. *, στατιστικά σημαντική διαφορά με την ομάδα 3.

3.15. Οστική πυκνότητα στα κάτω άκρα

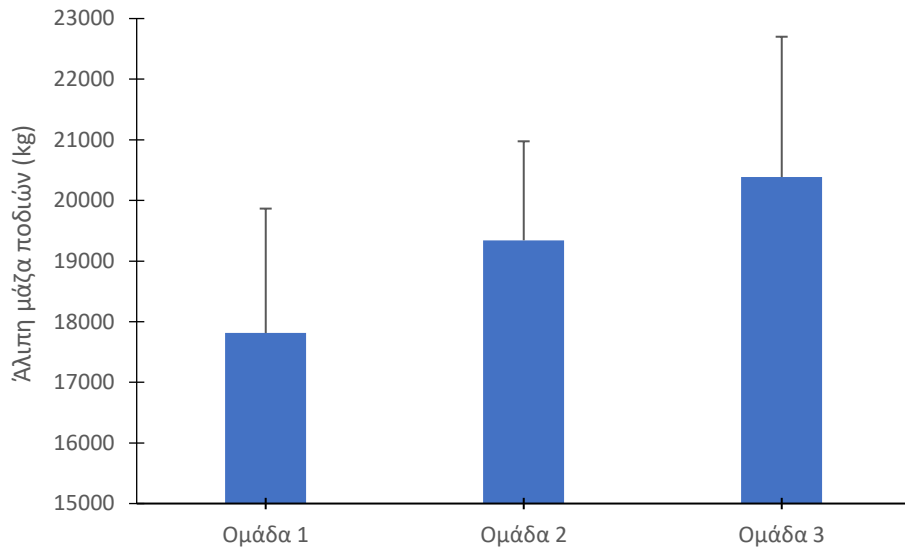
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα ομάδα [$F(2,23)= 17,23$; $p < 0,05$) στην οστική πυκνότητα των κάτω άκρων. Από τον έλεγχο των ζευγαρωτών συγκρίσεων διαπιστώθηκε πως διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους η ομάδα 3 με την ομάδα 1 και 2, καθώς και η ομάδα 2 με την ομάδα 1. Η ομάδα 3 παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές και από τις τρεις ενώ η 2 είχε στατιστικά μικρότερες τιμές από την 1 (Σχήμα 15).



Σχήμα 15. Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς την πυκνότητα των οστών των ποδιών σε μέταλλα . Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμη. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου. *, στατιστικά σημαντική διαφορά με την ομάδα 3. #, στατιστικά σημαντική διαφορά με την ομάδα 2.

3.16. Άλιπη μάζα ποδιών

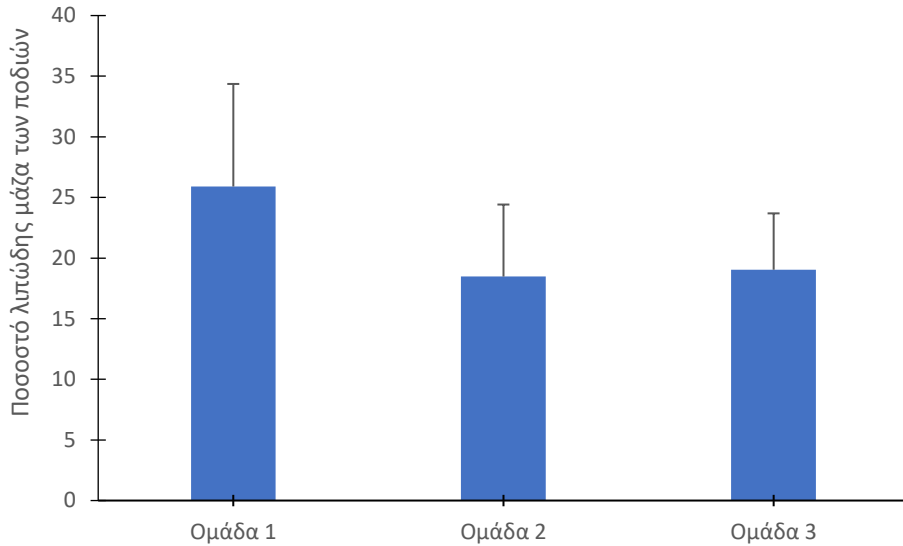
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα ομάδα [$F(2,23)= 3,285$; $p= 0,057$] στην άλιπη μάζα των ποδιών. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 16.



Σχήμα 16. Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς την άλιπη μάζα των ποδιών. Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμη. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.

3.17. Ποσοστό λιπώδους μάζας των ποδιών

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα ομάδα [$F(2,23)= 3,315$; $p= 0,056$] ποσοστό λιπώδους μάζας των ποδιών. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 17.



Σχήμα 17. Σύγκριση μεταξύ των ομάδων 1,2 και 3 ως προς το ποσοστό λίπους των ποδιών. Ομάδα 1: Κολύμβηση, Ομάδα 2: Κολύμβηση με ταυτόχρονη προπόνηση δύναμη. Ομάδα 3: Ποδοσφαίρου.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί αν το άθλημα της κολύμβησης μπορεί να επηρεάσει την οστική κατάσταση των αθλητών της και κατ' επέκταση την κορυφαία οστική πυκνότητα τους. Όπως φαίνεται και από τα αποτελέσματα υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην οστική κατάσταση ανάμεσα σε κολυμβητές, κολυμβητές που κάνουν και άσκηση με βάρη και ποδοσφαιριστές. Οι μέσος όρος σε ποδοσφαιριστές σε περιεχόμενο μετάλλων στα οστά βρέθηκε υψηλότερος κατά 9,5% μεγαλύτερο από ότι στους κολυμβητές και 19,5% στους κολυμβητές που συμμετείχαν επιπρόσθετα σε προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης. Παρομοίως και η πυκνότητα των οστών σε μέταλλα ήταν χαμηλότερη για κολυμβητές και κολυμβητές με βάρη κατά 6,6% και 13,8% αντίστοιχα σε σύγκριση με τους ποδοσφαιριστές.

Η κορυφαία οστική πυκνότητα είναι ένας από τους σημαντικότερους δείκτες για την υγεία των οστών, καθώς όσο πιο υψηλή τιμή επιτευχθεί τόσο πιο πολύ μειώνεται και ο κίνδυνος για οστεοπορωτικά κατάγματα καθώς και πρόωρή οστεοπόρωση κατά τη γήρανση. Η μέγιστη αυτή τιμή φαίνεται να επιτυγχάνεται στην τρίτη δεκαετία της ζωής (Baxter-Jones et al., 2011). Η άσκηση κατά τα στάδια ανάπτυξης φαίνεται να λειτουργεί θετικά στην αύξηση της κορυφαίας οστικής (Branca & Valtueña, 2001). Η περαιτέρω, από την φυσιολογική, ανάπτυξη των πυκνότητας οστών απαιτεί την εφαρμογή δυνάμεων παραμόρφωσης του οστού οι οποίες θα διεγείρουν την αύξησή του (Frost, 1994). Είναι γεγονός πως σε πολλές δραστηριότητες άσκησης, όπως το ποδόσφαιρο, εφαρμόζονται τέτοιου είδους δυνάμεις (Vlachopoulos et al., 2015), αν και υπάρχουν και δραστηριότητες οι οποίες δεν το πετυχαίνουν αυτό (Tenforde & Fredericson, 2011). Για τον λόγο αυτό γίνεται διαχωρισμός ανάμεσα στα αθλήματα, σύμφωνα με το αν προάγουν την αύξηση της οστικής πυκνότητας ή όχι, σε οστεογενή και μη οστεογενή αντίστοιχα (Vlachopoulos et al., 2017): Όπως λοιπόν φαίνεται και στα αποτελέσματα η BMC ήταν υψηλότερη σε αθλητές ποδοσφαίρου και αυτό λόγω της φύσης του αθλήματος, το οποίο περιλαμβάνει πολλά άλματα, πλειομετρικές κινήσεις και άλλες κινήσεις οι οποίες διεγείρουν την οστεογένεση. Καθώς όπως αναφέρει και ο νόμος του Wolf τα οστά αναδιαμορφώνονται ως απάντηση στα υψηλά μηχανικά φορτία (Frost, 1994). Για να επιτευχθεί η οστεογένεση εκτός από την ένταση και την συχνότητα των δυνάμεων που πρέπει να ασκηθούν στο οστό σημαντική είναι και η φόρα της δύναμης σε σχέση με τον άξονα του οστού, τέτοιες

δύναμης έχουν αποδειχθεί ότι είναι οι συμπιεστικές, οι εφελκτικές καθώς, οι δυνάμεις που τείνουν περιστρέφουν το οστό, οι δυνάμεις διάτμησης και οι δυνάμεις κάμψεις (Hart et al., 2017). Συνεπώς επειδή καμία από τις δυνάμεις αυτές δεν ασκούνται κατά την κολύμβηση διότι η άνοση αποτρέπει την μηχανική φόρτιση των οστών δεν δίνεται το κατάλληλο ερέθισμα για περαιτέρω οστεογένεση.

Συνεπώς φαίνεται ότι η κολύμβηση δεν επηρέασε την υγεία των οστών όπως φαίνεται να έκανε το άθλημα του ποδοσφαίρου. Πιθανόν λοιπόν η απουσία οστεογενών δραστηριοτήτων στην καθημερινότητα των κολυμβητών λόγω έλλειψης χρόνου να οδήγησε στη μη περαιτέρω ανάπτυξη των οστών. Σε ότι αναφορά τους κολυμβητές με βάρη παρόλο που συμμετείχαν σε οστεογενή άσκηση φαίνεται να μην διαφέρουν πολύ με τους αθλητές κολύμβησης οι οποίοι δεν συμμετείχαν σε προπονητικά προγράμματα μυϊκής ενδυνάμωσης. Παρόλο που σε ηλικιωμένους ανθρώπους φαίνεται να έχει ευεργετικές επιδράσεις η άσκηση με βάρη στην υγεία των οστών καθώς και στην πρόληψη τραυματισμών, στην ισορροπία ή την ιδιοδεκτικότητα, σε ενήλικες δεν είναι πλήρως αποδεδειγμένο (Guadalupe-Grau et al., 2009). Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται α) στη μη συστηματική προπόνηση, β) στα στοιχεία επιβάρυνσης γ) στο ότι το διάστημα που έκαναν προπόνηση με βάρη δεν ήταν αρκετό ώστε να επέλθουν αλλαγές (Fujimura et al., 1997) και δ) ότι οι μηχανικές φορτίσεις δεν ξεπερνούσαν το όριο του νόμου του Wolf που αντιστοιχεί στο 1/10 της δύναμης που δύναται να προκαλέσει κάταγμα (Frost, 1994). Ίσως ακόμη να οφείλεται στο ότι οι περισσότεροι ήταν φοιτητές του τμήματος επιστήμης φυσικής αγωγής και αθλητισμού κάτι που συνεπάγεται την ενασχόληση τους και με άλλα αθλήματα τα οποία μπορεί να επηρέασαν την εξέλιξη της οστικής κατάστασης.

Από τη βιβλιογραφία (Vlachopoulos et al., 2018) διαπιστώνεται πως η συμμετοχή στο άθλημα της κολύμβησης μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα τις μειωμένες τιμές οστική πυκνότητας στα στάδια ανάπτυξης. Ωστόσο, με τα δεδομένα της παρούσας μελέτης δεν φαίνεται να μεταφέρεται αυτό στην τρίτη δεκαετία της ζωής που παρατηρείται η κορυφαία οστική μάζα. Ωστόσο, επιβεβαιώθηκε η υπόθεση πως το ποδόσφαιρο έχει περισσότερο οστεογενετικό χαρακτήρα ιδιαίτερα σε ότι αφορά στα κάτω άκρα (Tenforde & Fredericson, 2011).

Εν κατακλείδι φαίνεται να επιβεβαιώνεται η ερευνητική υπόθεση η οποία είναι και σύμφωνη με την μελέτη του Vlachopoulos και συν. (2018) στην οποία την έρευνα βρέθηκε ότι υπήρχε μεγαλύτερη αύξηση στο περιεχόμενο των μετάλλων στους

ποδοσφαιριστές σε σχέση με τους κολυμβητές (Vlachopoulos et al., 2018). Περιορισμό της μελέτης αποτελεί ότι δεν καταγράφηκαν δείκτες διατροφής όπως η πρόσληψη ασβεστίου και βιταμίνης D, ο χρόνος έκθεσης στον ήλιο και η υπόλοιπη φυσική δραστηριότητα, παράγοντες οι οποίοι συμβάλλουν στην οστική ανάπτυξη.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας ήταν να διερευνήσει την επίδραση της συμμετοχής στο άθλημα της κολύμβησης στην οστική κατάσταση κατά την 3η δεκαετία της ζωής που παρατηρείται η κορυφαία οστική μάζα. Από την ανάλυση των δεδομένων και από τη σύγκριση τους με τη βιβλιογραφία διαπιστώθηκε πως οι κολυμβητές υπερτερούσαν σε παραμέτρους οστικής κατάστασης σε σύγκριση με τον γενικό πληθυσμό και υστερούσαν σε σύγκριση με το ποδόσφαιρο που είναι ένα από τα πιο οστεογενή αθλήματα ιδιαίτερα για τα κάτω άκρα. Συμπερασματικά η ενασχόληση με την κολύμβηση δεν εμπόδισε τη φυσιολογική ανάπτυξη των οστών. Για την περαιτέρω αύξηση της κορυφαίας οστικής μάζας, που αποτελεί παράγοντα πρόληψης της οστεοπόρωσης κατά την γήρανση, απαιτείται και η συμμετοχή σε οστεογεννητικές δραστηριότητες.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Anderson, H. C. (2003). Matrix vesicles and calcification. *Current Rheumatology Reports*, 5(3), 222–226. <https://doi.org/10.1007/s11926-003-0071-z>
2. Baxter-Jones, A. D. G., Faulkner, R. A., Forwood, M. R., Mirwald, R. L., & Bailey, D. A. (2011). Bone mineral accrual from 8 to 30 years of age: an estimation of peak bone mass. *Journal of Bone and Mineral Research : The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 26(8), 1729–1739. <https://doi.org/10.1002/jbmr.412>
3. Beck, B. R., Daly, R. M., Singh, M. A. F., & Taaffe, D. R. (2017). Exercise and Sports Science Australia (ESSA) position statement on exercise prescription for the prevention and management of osteoporosis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(5), 438–445. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.10.001>
4. Bonjour, J. P., Theintz, G., Law, F., Slosman, D., & Rizzoli, R. (1994). Peak bone mass. *Osteoporosis International : A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 4 Suppl 1, 7–13. <https://doi.org/10.1007/BF01623429>
5. Branca, F., & Valtueña, S. (2001). Calcium, physical activity and bone health--building bones for a stronger future. *Public Health Nutrition*, 4(1A), 117–123. <https://doi.org/10.1079/phn2000105>
6. Burger, E. H., Klein-Nulend, J., & Smit, T. H. (2003). Strain-derived canalicular fluid flow regulates osteoclast activity in a remodelling osteon--a proposal. *Journal of Biomechanics*, 36(10), 1453–1459. [https://doi.org/10.1016/s0021-9290\(03\)00126-x](https://doi.org/10.1016/s0021-9290(03)00126-x)
7. Clarke, B. (2008). Normal bone anatomy and physiology. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology : CJASN*, 3 Suppl 3(Suppl 3), S131–S139. <https://doi.org/10.2215/CJN.04151206>
8. Dobnig, H., & Turner, R. T. (1995). Evidence that intermittent treatment with parathyroid hormone increases bone formation in adult rats by activation of bone lining cells. *Endocrinology*, 136(8), 3632–3638. <https://doi.org/10.1210/endo.136.8.7628403>
9. Fleg, J. L. (2012). Aerobic exercise in the elderly: a key to successful aging. *Discovery Medicine*, 13(70), 223–228.
10. Frost, H. M. (1988). Vital biomechanics: proposed general concepts for skeletal adaptations to mechanical usage. *Calcified Tissue International*, 42(3), 145–156. <https://doi.org/10.1007/BF02556327>

11. Frost, H. M. (1994). Wolff's Law and bone's structural adaptations to mechanical usage: an overview for clinicians. *The Angle Orthodontist*, 64(3), 175–188. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1994\)064<0175:WLABSA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1994)064<0175:WLABSA>2.0.CO;2)
12. Fujimura, R., Ashizawa, N., Watanabe, M., Mukai, N., Amagai, H., Fukubayashi, T., Hayashi, K., Tokuyama, K., & Suzuki, M. (1997). Effect of resistance exercise training on bone formation and resorption in young male subjects assessed by biomarkers of bone metabolism. *Journal of Bone and Mineral Research : The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 12(4), 656–662. <https://doi.org/10.1359/jbmr.1997.12.4.656>
13. Glimcher, M. J. (1989). Mechanism of calcification: Role of collagen fibrils and collagen-phosphoprotein complexes in vitro and in vivo. *The Anatomical Record*, 224(2), 139–153. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ar.1092240205>
14. Gomez-Bruton, A., Montero-Marín, J., González-Agüero, A., García-Campayo, J., Moreno, L. A., Casajús, J. A., & Vicente-Rodríguez, G. (2016). The effect of swimming during childhood and adolescence on bone mineral density: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 46(3), 365–379. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0427-3>
15. Gómez-Bruton, A., González-Agüero, A., Gómez-Cabello, A., Casajús, J. A., & Vicente-Rodríguez, G. (2013). Is bone tissue really affected by swimming? A systematic review. *PloS One*, 8(8), e70119–e70119. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070119>
16. Guadalupe-Grau, A., Fuentes, T., Guerra, B., & Calbet, J. A. L. (2009). Exercise and bone mass in adults. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 39(6), 439–468. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939060-00002>
17. Hauge, E. M., Qvesel, D., Eriksen, E. F., Mosekilde, L., & Melsen, F. (2001). Cancellous bone remodeling occurs in specialized compartments lined by cells expressing osteoblastic markers. *Journal of Bone and Mineral Research : The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 16(9), 1575–1582. <https://doi.org/10.1359/jbmr.2001.16.9.1575>
18. Kukuljan, S., Nowson, C. A., Sanders, K. M., Nicholson, G. C., Seibel, M. J., Salmon, J., & Daly, R. M. (2011). Independent and combined effects of calcium-vitamin D3 and exercise on bone structure and strength in older men: an 18-month factorial design randomized controlled trial. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 96(4), 955–963. <https://doi.org/10.1210/jc.2010-2284>
19. LaCroix, A. Z., Beck, T. J., Cauley, J. A., Lewis, C. E., Bassford, T., Jackson, R., Wu, G., & Chen, Z. (2010). Hip structural geometry and incidence of hip fracture in postmenopausal women: what does it add to conventional bone mineral density? *Osteoporosis International : A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 21(6), 919–929. <https://doi.org/10.1007/s00198-009-1056-1>

20. Lane, N. E. (2006). Epidemiology, etiology, and diagnosis of osteoporosis. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 194(2 Suppl), S3-11. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2005.08.047>
21. Lee, J. C., Lee, C. H., Chung, D. W., Lee, H. J., & Park, J. Y. (2020). Analysis of age-based bone mineral density in the Korean adult population using dual-energy x-ray absorptiometry. *In Applied Sciences* (Vol. 10, Issue 23). <https://doi.org/10.3390/app10238469>
22. Spiegel, P. (1996). Osteoporosis, Etiology, Diagnosis, and Management (Second Edition). *Journal of Orthopaedic Trauma*, 10(3).
23. Tenforde, A. S., & Fredericson, M. (2011). Influence of sports participation on bone health in the young athlete: a review of the literature. *PM & R : The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation*, 3(9), 861–867. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2011.05.019>
24. Turner, C. H., & Robling, A. G. (2005). Mechanisms by which exercise improves bone strength. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 23 Suppl, 16–22. <https://doi.org/10.1007/BF03026318>
25. Vlachopoulos, D., Barker, A. R., Ubago-Guisado, E., Ortega, F. B., Krstrup, P., Metcalf, B., Castro Pinero, J., Ruiz, J. R., Knapp, K. M., Williams, C. A., Moreno, L. A., & Gracia-Marco, L. (2018). The effect of 12-month participation in osteogenic and non-osteogenic sports on bone development in adolescent male athletes. The PRO-BONE study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(4), 404–409. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.08.018>
26. Vlachopoulos, D., Barker, A. R., Williams, C. A., Arngrímsson, S. A., Knapp, K. M., Metcalf, B. S., Fatouros, I. G., Moreno, L. A., & Gracia-Marco, L. (2017). The impact of sport participation on bone mass and geometry in male adolescents. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49(2).
27. Vlachopoulos, D., Barker, 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. <https://doi.org/10.1186/s12889-015-1633-5>
28. Vincent, K. R., & Braith, R. W. (2002). Resistance exercise and bone turnover in elderly men and women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(1), 17–23. <https://doi.org/10.1097/00005768-200201000-00004>
29. Zhu, X., & Zheng, H. (2021). Factors influencing peak bone mass gain. *Frontiers of Medicine*, 15(1), 53–69. <https://doi.org/10.1007/s11684-020-0748-y>