

**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:

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΟΣΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΑΘΛΗΤΡΙΩΝ
ΠΕΤΟΣΦΑΙΡΙΣΗΣ**

της

Στασινοπούλου Νεφέλης (Α.Ε.Μ. 13021)

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Αυλωνίτη Αλεξάνδρα,
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια,
Τ.Ε.Φ.Α.Α.- Σ.Ε.Φ.Α.Α.-Δ.Π.Θ.

2^ο Μέλος Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

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

3^ο Μέλος Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Ζέτου- Μουντάκη Ελένη,
Καθηγήτρια
Τ.Ε.Φ.Α.Α.- Σ.Ε.Φ.Α.Α.-Δ.Π.Θ.

Κομοτηνή, 2023

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο ΜΠΣ της Φυσιολογίας της άσκησης και προπονητικής του ΔΠΘ, σε όλες τις συμμετέχουσες που συνέβαλαν με την προσφορά τους και στους καθηγητές μου, με εξέχουσα την επιβλέπουσα μου κα. Αυλωνίτη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στασινοπούλου Νεφέλη: Αξιολόγηση οστικής κατάστασης και σύστασης σώματος αθλητριών πετοσφαίρισης

(Με την επίβλεψη της Αναπληρώτριας Καθηγήτριας Αυλωνίτη Αλεξάνδρας)

Σημαντικός παράγοντας πρόληψης της εμφάνισης οστεοπόρωσης είναι η επίτευξη της όσο το δυνατόν μεγαλύτερης οστικής μάζας και πυκνότητας κατά την τρίτη δεκαετία της ζωής που παρατηρείται η κορυφαία οστική μάζα. Η πετοσφαίριση είναι ένα άθλημα στο οποίο συναντώνται όλα εκείνα τα στοιχεία επιβάρυνσης που ευνοούν τη σύνθεση των οστών. Ωστόσο, έως τώρα δεν έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες σχετικές με την κατάσταση των οστών σε Ελληνίδες αθλήτριες πετοσφαίρισης, τη στιγμή και που σε διεθνές επίπεδο οι μελέτες είναι λιγοστές. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξετάσει την οστική κατάσταση αθλητριών πετοσφαίρισης κατά την περίοδο της μέγιστης οστικής μάζας. Στη μελέτη συμμετείχαν 12 αθλήτριες πετοσφαίρισης ηλικίας 20-30 ετών που αγωνίζονταν στα εθνικά πρωταθλήματα και 7 μη αθλήτριες παρόμοιας ηλικίας που δεν συμμετείχαν συστηματικά σε οποιαδήποτε αθλητική δραστηριότητα. Όλες οι συμμετέχουσες αξιολογήθηκαν ως προς τη σύσταση σώματος και την οστική τους μάζα και πυκνότητα σε όλο το σώμα με τη μέθοδο της απορροφησιμετρίας ακτινών Χ διπλής ενέργειας. Στα αποτελέσματα της μελέτης διαπιστώθηκε πως τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά και η σύσταση σώματος των αθλητριών αντιστοιχούσε σε αθλήτριες μέσου επιπέδου. Σημαντικά υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στην οστική μάζα σώματος, των κάτω άκρων και της γυναικοειδούς περιοχής για την ομάδα πετοσφαίρισης συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Στην οστική πυκνότητα άνω άκρων και στην άλιπη μάζα της γυναικοειδούς περιοχής και των κάτω άκρων επίσης οι αθλήτριες πετοσφαίρισης είχαν υψηλότερες τιμές από τις μη αθλήτριες. Συμπερασματικά, διαπιστώνεται πως η ενασχόληση με το άθλημα της πετοσφαίρισης ακόμη και σε μεσαίο επίπεδο προκαλεί επιθυμητές μεταβολές σε ότι αφορά την κατάσταση των οστών. Η διερεύνηση παραμέτρων όπως η διατροφή και η κληρονομικότητα, που ανήκουν στους παράγοντες που επηρεάζουν την οστική κατάσταση, αναμένεται να εμπλουτίσουν τα συμπεράσματα μελλοντικών ερευνών.

Λέξεις κλειδιά: οστική κατάσταση, σύσταση σώματος, πετοσφαίριση, γυναίκες

ABSTRACT

Stasinopoulou Nefeli: Evaluating bone markers and body composition in female volleyball players

(Under the supervision of Associate Professor Alexandra Avloniti)

High bone mass and density during the third decade of life, when the peak bone mass has been observed, could be crucial for osteoporosis prevention. Volleyball contains elements which favor bone composition. However, internationally there are only a few studies testing its contribution on bone condition and to our knowledge none has been conducted on Greek volleyball players yet. The purpose of this study was to examine the bone condition of Greek volleyball female athletes, during the period of peak bone mass. Participants were 12 volleyball female athletes, 20-30 years old, who have participated in national championships and 7 females non athletes, at the same age, who have not participated in national championships. Evaluation of whole body composition and bone mass and density was performed using dual energy X-ray absorptiometry. The results indicated that the somatometric characteristics and body composition of the athletes corresponded to mid-level athletes. Significant differences were noticed at the values of total BMC, Legs BMC and Gynoid BMC for the group of volleyball players compared to the control group. At Arms BMD and FFM of Gynoid area and Legs the group of athletes had higher values of non athletes. To conclude, it was found that in average volleyball can be beneficial for bone condition. The study can be expanded in the future taking under consideration parameters such as diet and heredity, which belong to the factors that affect bone condition.

Key words: bone condition, body composition, volleyball, female athletes

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ABSTRACT.....	4
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	8
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1. Σύσταση Σώματος.....	10
1.2. Οστική πυκνότητα.....	12
1.3. Σκοπός της έρευνας.....	14
1.4. Ερευνητικές υποθέσεις.....	14
1.5. Οριοθετήσεις και Περιορισμοί.....	14
1.6. Ορισμοί και Συντομογραφίες.....	14
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	16
2.1. Δείγμα.....	16
2.2. Πειραματικός σχεδιασμός.....	16
2.3. Περιγραφή μετρήσεων και όργανα μέτρησης.....	17
2.3.1. Αξιολόγηση σωματομετρικών χαρακτηριστικών.....	17
2.3.2. Αξιολόγηση σύσταση σώματος με τη μέθοδο απορροφησιμετρίας ακτινών Χ διπλής ενέργειας (DXA).....	17
2.3.3. Αξιολόγηση οστικής πυκνότητας με τη μέθοδο DXA.....	18
2.4. Στατιστική ανάλυση.....	18
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	20
3.1. Δείκτης μάζας σώματος	20
3.2. Οστική μάζα σώματος.....	21
3.3. Οστική πυκνότητα σώματος.....	22
3.4. Άλιπη μάζα σώματος.....	23

3.5. Λιπώδης μάζα σώματος.....	24
3.6. Οστική μάζα κορμού.....	25
3.7. Οστική πυκνότητα κορμού	26
3.8. Άλιπη μάζα κορμού.....	27
3.9. Λιπώδης μάζα κορμού.....	28
3.10. Οστική μάζα άνω άκρων.....	29
3.11. Οστική πυκνότητα άνω άκρων	30
3.12. Άλιπη μάζα άνω άκρων.....	31
3.13. Λιπώδης μάζα άνω άκρων.....	32
3.14. Οστική μάζα κάτω άκρων	33
3.15. Οστική πυκνότητα κάτω άκρων	34
3.16. Άλιπη μάζα κάτω άκρων.....	35
3.17. Λιπώδης μάζα κάτω άκρων.....	36
3.18. Ανδροειδής οστική μάζα.....	37
3.19. Ανδροειδής άλιπη μάζα	38
3.20. Ανδροειδής λιπώδης μάζα	39
3.21. Γυναικοειδής οστική μάζα	40
3.22. Γυναικοειδής άλιπη μάζα.....	41
3.23. Γυναικοειδής λιπώδης μάζα	42
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	43
4.1. Οστική κατάσταση.....	43
4.2. Σύσταση σώματος.....	44
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	47
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	48

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.	Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις ($\bar{X} \pm SD$) των περιγραφικών στοιχείων του δείγματος.....	16
-------------------	--	----

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.	Δείκτης μάζας σώματος.....	20
Σχήμα 2.	Οστική μάζα σώματος.....	21
Σχήμα 3.	Οστική πυκνότητα σώματος.....	22
Σχήμα 4.	Άλιπη μάζα σώματος.....	23
Σχήμα 5.	Λιπώδης μάζα σώματος.....	24
Σχήμα 6.	Οστική μάζα κορμού.....	25
Σχήμα 7.	Οστική πυκνότητα κορμού	26
Σχήμα 8.	Άλιπη μάζα κορμού.....	27
Σχήμα 9.	Λιπώδης μάζα κορμού.....	28
Σχήμα 10.	Οστική μάζα άνω άκρων.....	29
Σχήμα 11.	Οστική πυκνότητα άνω άκρων.....	30
Σχήμα 12.	Άλιπη μάζα άνω άκρων.....	31
Σχήμα 13.	Λιπώδης μάζα άνω άκρων.....	32
Σχήμα 14.	Οστική μάζα κάτω άκρων	33
Σχήμα 15.	Οστική πυκνότητα κάτω άκρων.....	34
Σχήμα 16.	Άλιπη μάζα κάτω άκρων.....	35
Σχήμα 17.	Λιπώδης μάζα κάτω άκρων.....	36
Σχήμα 18.	Ανδροειδής οστική μάζα.....	37
Σχήμα 19.	Ανδροειδής άλιπη μάζα.....	38
Σχήμα 20.	Ανδροειδής λιπώδης μάζα.....	39
Σχήμα 21.	Γυναικοειδής οστική μάζα.....	40
Σχήμα 22.	Γυναικοειδής άλιπη μάζα.....	41
Σχήμα 23.	Γυναικοειδής λιπώδης μάζα.....	42

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το άθλημα της πετοσφαίρισης χαρακτηρίζεται από επαναλαμβανόμενες κινητικές ενέργειες των αθλητών/τριών, ανεξαρτήτως θέσεως, που χαρακτηρίζονται από υψηλή έως μέγιστη ένταση, διαλειμματικής μορφής. Συγκεκριμένα, η μέση διάρκεια των κινητικών φάσεων (rally) και των διαλειμμάτων σε έναν γυναικείο αγώνα βόλεϊ είναι $6,88 \pm 5,94$ και $28,92 \pm 18,21$ δευτερόλεπτα αντίστοιχα (Aytaç et al., 2019), ενώ σε έναν αγώνα ανδρών $4,99 \pm 4,35$ και $29,02 \pm 19,44$ δευτερόλεπτα αντίστοιχα (Sanchez-Moreno et al., 2016). Συγκρίνοντας τα ευρήματα των δυο προαναφερθεισών μελετών είναι ευδιάκριτη η διαφορά των τιμών που αναλογούν στα δύο φύλλα, γεγονός το οποίο στηρίζεται στις βιολογικές και φυσιολογικές διαφορές μεταξύ ανδρών και γυναικών. Αναλύοντας έναν αγώνα πετοσφαίρισης, τα κινητικά πρότυπα των αθλητών/τριών είναι εμπλουτισμένα από πληθώρα αλμάτων (κατακόρυφα και οριζόντια), σπριντ, πτώσεις και αλλαγή κατευθύνσεων στην πλειονότητα των ενεργειών. Ανάλογα όμως με την ειδικότητα κάθε παίκτη/τριας υπάρχουν διαφοροποιήσεις στις απαιτήσεις που έχει η κάθε θέση κατά τη διάρκεια του αγώνα. Οι κεντρικοί μπλοκέρ εκτελούν περισσότερα άλματα για επίθεση και μπλοκ (με επιτόπια ή πλάγια μετακίνηση) συγκριτικά με τις υπόλοιπες θέσεις. Από την άλλη πλευρά, οι πασαδόροι είναι οι παίκτες που μπορεί να μην χρειάζεται να εκτελέσουν μέγιστα άλματα επίθεσης, πέρα από κάποια άλματα για μπλοκ, πάρα ταύτα κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού είναι αυτοί που θα εκτελέσουν τον μεγαλύτερο όγκο υπομέγιστων αλμάτων σε ένα σετ. Οι υπόλοιποι επιθετικοί παίκτες συνηθίζεται να είναι χαμηλότερου αναστήματος σε σχέση με τους κεντρικούς μπλοκέρ και οι πλάγιες μετακινήσεις που έχουν να φέρουν εις πέρας πάνω στο φιλέ σχετίζονται με τη βοήθεια που θα δώσουν στον κεντρικό παίκτη στο μπλοκ, οι οποίοι καλούνται να εκτελέσουν σχετικά υψηλότερα άλματα (Sheppard et al., 2009). Τα libero, οι παίκτες δηλαδή που τοποθετούνται μόνο στην πίσω ζώνη, είναι αυτοί που θα εκτελέσουν τις περισσότερες κινήσεις με αλλαγή κατεύθυνσης καθώς και τις περισσότερες πτώσεις. Μέσα από την έρευνα και παρατήρηση των συνθηκών ενός αγώνα πετοσφαίρισης, σημαντικές επιβαρύνσεις φαίνεται να δέχεται και το νευρομυϊκό σύστημα (Smith et al., 1992). Επομένως, θα μπορούσε να ειπωθεί πως οι αθλητές πετοσφαίρισης χρειάζονται καλά ανεπτυγμένη ταχύτητα και μυϊκή δύναμη, μαζί με τη δυνατότητα να εκτελούν τις συγκεκριμένες μέγιστες προσπάθειες επαναλαμβανόμενα και με περιορισμένη

αποκατάσταση στη διάρκεια του αγώνα (Dyba, 1982). Τα βασικά μεταβολικά συστήματα που παρέχουν ενέργεια για το συγκεκριμένο άθλημα είναι η γαλακτική γλυκόλυση και η διάσπαση των φωσφαγώνων (Künstlinger et al., 1987). Τέλος, μέσα από πολλές μελέτες που πραγματοποιήθηκαν για τον γυναικείο πληθυσμό, έχει παρατηρηθεί το γεγονός πως οι αθλήτριες της πετοσφαίρισης πιθανόν να παρουσιάζουν χρόνιες προσαρμογές σε διάφορα συστήματα του οργανισμού. Για παράδειγμα, οι Zacher et al. (2020) σε έρευνα τους για τις προσαρμογές της καρδιάς σε αθλήτριες ποδοσφαίρου, πετοσφαίρισης και μη αθλήτριες αναφέρουν πως όλες οι αθλήτριες παρουσίασαν μεγαλύτερη καρδιακή μάζα (απόλυτη και με δείκτη επιφάνειας σώματος), παχύτερο διάφραγμα, μεγαλύτερους κοιλικούς όγκους και ευρύτερη δεξιά κοιλία σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Οι παίκτριες πετοσφαίρισης είχαν υψηλότερη μάζα χωρίς λίπος και λιγότερο σπλαχνικό λίπος σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Σε διαχρονική μελέτη (τρία έτη) που πραγματοποίησαν οι Stanforth et al. (2014), εξετάστηκαν οι προσαρμογές στη σύσταση σώματος σε αθλήτριες κολλεγίου στην έναρξη και στη λήξη κάθε αγωνιστικής περιόδου. Οι αθλήτριες πετοσφαίρισης παρουσίασαν αλλαγές από τη μια αγωνιστική περίοδο στην άλλη (στο διάστημα των τριών ετών), αλλά και συνολικά καθώς σημειώθηκε αύξηση της άλιπης μάζας τους. Σε όμοια πληθυσμιακή ομάδα πραγματοποίησαν την έρευνά τους οι Stanforth et al. (2016). Έπειτα από μια τριετή σειρά μετρήσεων της οστικής μάζας και οστικής πυκνότητας αθλητριών κολλεγίου σε διαφορετικά αθλήματα, οι αθλήτριες πετοσφαίρισης σημείωσαν αύξηση στην οστική μάζα και πυκνότητα. Συγκριτικά με τις αθλήτριες κολύμβησης παρουσίασαν αρκετά υψηλότερες τιμές οστικής πυκνότητας (BMD) και οστικής μάζας (BMC), ενώ ταυτόχρονα παρουσίασαν μεγαλύτερο ποσοστό και στα κάτω άκρα συγκριτικά με τις αθλήτριες ποδοσφαίρου και στίβου. Το γεγονός αυτό εκφράζει τη συσχέτιση ανάμεσα στις υψηλές τιμές οστικής μάζας και πυκνότητας που εμφανίζονται στις αθλήτριες που ειδικεύονται σε αθλήματα υψηλών κρούσεων και η πετοσφαίριση είναι ένα από αυτά.

1.1. Σύσταση Σώματος

Σημαντικός παράγοντας στην απόδοση των αθλητριών της πετοσφαίρισης αποτελεί η σύσταση σώματος η οποία ορίζεται ως η ποσότητα από τα μεταλλικά (ανόργανα) στοιχεία τα οποία εμπεριέχονται στο εσωτερικό των οστών, της κυτταρικής και μυϊκής μάζας, του σωματικού λίπους αλλά και του ύδατος ενός ανθρώπινου

οργανισμού καθώς και η κατανομή τους σε ολόκληρο το σώμα. Η αξιολόγηση της σύστασης σώματος θεωρείται εξέχουσας σημασίας, καθώς με την πληροφόρηση προς τους προπονητές, τους ειδικούς υγείας αλλά και τις ίδιες τις αθλήτριες, συμβάλλει πέρα από την μεγιστοποίηση της απόδοσης και στη βελτιστοποίηση της υγείας τους μέσα από παρεμβάσεις, με την δημιουργία εξειδικευμένων διατροφικών προγραμμάτων και τη λήψη διατροφικών συμπληρωμάτων. Κάποιες ενδεικτικές μέθοδοι μέτρησης της σύστασης σώματος είναι η μέθοδος των δερματοπτυχών, η μέθοδος διπλής ενεργειακής απορρόφησης (DXA) και η βιοηλεκτρική εμπέδηση (BIA). Στην επιστημονική κοινότητα πολλοί ερευνητές θέλησαν να αξιολογήσουν με ποικίλους τρόπους τη σύσταση σώματος σε αθλήτριες πετοσφαίρισης. Σκοπός των μελετών που αξιολόγησαν τη σύσταση σώματος σε γυναίκες αθλήτριες πετοσφαίρισης, ήταν η εξέταση των ανθρωπομετρικών και σωματομετρικών χαρακτηριστικών με σκοπό τη δημιουργία ενός μορφολογικού προφίλ των αθλητριών (Bisch et al., 2020; Carbuhn et al., 2010; Carvalho et al., 2020; Malousaris et al., 2008; Martín-Matillas et al., 2013; Mielgo-Aguso et al., 2014). Κάποιοι θέλησαν να συγκρίνουν τα μορφολογικά προφίλ με αντίστοιχα άλλων αθλημάτων (Dobrosielski et al., 2019; Fields et al., 2018), με γνώμονα τη θέση των παικτριών (Bisch et al., 2020; Martín-Matillas et al., 2013; Mielgo-Aguso et al., 2014) αλλά και με παράμετρο το επίπεδο και την κατηγορία τους (Carvalho et al., 2020; Martín-Matillas et al., 2013). Από την άλλη πλευρά, σε έρευνά τους οι Tsoukos et al. (2019) υποστήριξαν πως με βάση τις ανθρωπομετρικές μετρήσεις και μορφολογικό προφίλ, θα μπορούσε να γίνει με επιτυχία η επιλογή των νεαρών αθλητριών για την εθνική ομάδα. Με σκοπό τον καθορισμό ενός προφίλ, βασιζόμενο σε αθλήτριες κολλεγίου του εκάστοτε αθλήματος και στη συνέχεια τη σύγκριση μεταξύ των αθλημάτων, σε τρεις διαφορετικές προπονητικές περιόδους, προέβησαν οι Carbuhn et al. (2010), μελετώντας τη σύσταση σώματος. Από τα αποτελέσματα φάνηκε πως οι αθλήτριες πετοσφαίρισης και καλαθοσφαίρισης παρουσίασαν μεγαλύτερη τιμή για τη συνολική και την άλιπη μάζα, ενώ σημαντικές αλλαγές παρατηρήθηκαν στις τιμές των περισσότερων μεταβλητών, σε όλα τα αθλήματα, μεταξύ της προετοιμασίας και αγωνιστικής περιόδου με την περίοδο αποχής. Σε πληθώρα αθλημάτων πραγματοποίησαν μετρήσεις και οι Stanforth et al. (2014), όπου ο μέσος όρος ηλικίας του γυναικείου πληθυσμού ήταν $19,2 \pm 1,2$ έτη και οι μετρήσεις διεξήχθησαν σε βάθος χρόνου (τρία έτη). Αναφορικά με τις αθλήτριες πετοσφαίρισης, οι αλλαγές που σημειώθηκαν στις τιμές των μεταβλητών τους ήταν οι

εξής: αύξηση της άλιπης μάζας κατά 0,7 kg από το πρώτο έτος στο δεύτερο και 1,1 kg από το δεύτερο στο τρίτο έτος, συνολικά 1,8 kg στο πέρασμα της τριετίας και σημαντική αύξηση της συνολικής μάζας (με την ίδια σειρά ανά τα έτη). Τη διαφοροποίηση των τιμών στις μεταβλητές της σύστασης σώματος μετά από προπόνηση με αντιστάσεις διαφορετικών επιβαρύνσεων, θέλησαν να εξετάσουν οι González-Ravé et al. (2011). Μετά από την εφαρμογή προπονητικού προγράμματος με γραμμικό περιοδικό διάρκειας 24 εβδομάδων, κατέγραψαν θετικές αλλαγές στις μετρήσιμες μεταβλητές των αθλητριών πετοσφαίρισης. Από τις παραμέτρους σύστασης σώματος, υπήρξε αύξηση της άλιπης σωματικής μάζας κατά 4,38 % από τις αρχικές τιμές και μείωση των τιμών της λιπώδους μάζας κατά 13,9 %.

1.2. Οστική πυκνότητα

Με την πάροδο των χρόνων και τη συνεχή εξέλιξη της επιστήμης, το προσδόκιμο ζωής για τον άνθρωπο σημειώνει ανοδική πορεία. Κατά συνέπεια, δημιουργήθηκε μεγαλύτερη ανάγκη για περαιτέρω έρευνα στους πιθανούς παράγοντες που περιορίζουν αυτή την αυξητική τάση. Ένας σημαντικός περιοριστικός παράγοντας είναι η εμφάνιση της οστεοπόρωσης στην περίοδο της γήρανσης, η οποία συντελεί άμεσα στον κίνδυνο οστεοπορωτικών καταγμάτων με την αύξηση των πιθανοτήτων απώλειας της λειτουργικότητας των ανθρώπων και τελικά την απώλεια της ζωής (Borgström et al., 2020). Το οστικό ή ερειστικό σύστημα περιλαμβάνει το σύνολο των οστών τα οποία συνδέονται με τις αρθρώσεις και σχηματίζουν τον σκελετό, ο οποίος στηρίζει ολόκληρο το σώμα και καθορίζει την μορφολογία του. Ακόμη, προσφέρει θέσεις για την πρόσφυση των μυών, συμβάλλει στην κίνηση γιατί είναι αρθρωτός και σχηματίζει κοιλότητες για την προστασία των οργάνων. Επομένως, ένα ανεπτυγμένο και ανθεκτικό σύστημα οστών βοηθάει στην ομαλή λειτουργία του ανθρώπινου σώματος και του ανθρώπινου οργανισμού. Οι παράμετροι που επηρεάζουν την οστική κατάσταση κατατάσσονται σε τροποποιήσιμους και μη τροποποιήσιμους. Στους τροποποιήσιμους συγκαταλέγονται η διατροφή και η μηχανική φόρτιση των οστών ιδιαίτερα στα στάδια ανάπτυξης και έως την τρίτη δεκαετία της ζωής, όπου παρατηρείται η μέγιστη οστική μάζα (Agostinete et al., 2020). Είναι τεκμηριωμένο πως αύξηση κατά 10% της μέγιστης οστικής μάζας λειτουργεί προληπτικά στην εμφάνιση της οστεοπόρωσης σε ύστερη φάση της ζωής (Borgström et al., 2020). Η άσκηση αποτελεί ένα εργαλείο που βοηθάει στην αύξηση της μέγιστης

οστικής μάζας (PBM), μέσω της μηχανικής φόρτισης που προσφέρει και διεγείρει την οστεοσύνθεση (Troy et al., 2018). Συνεπώς, οι ασκησιογενείς προσαρμογές των οστών, ενισχύουν τον περιορισμό της εμφάνισης οστεοπενίας που στη συνέχεια καταλήγει στην ανάπτυξη οστεοπόρωσης (Maïmoun et al., 2013). Αθλήματα τα οποία φαίνεται να προάγουν την οστεοσύνθεση είναι αυτά που περιέχουν κρούσεις και κινητικά πρότυπα όπως τα άλματα, οι επιταχύνσεις, οι επιβραδύνσεις κτλ. (Agostinete et al., 2020). Η πετοσφαίριση πιθανόν να συγκαταλέγεται στα οστεογενή αθλήματα (λόγω του μεγάλου αριθμού κρούσεων και των κινητικών προτύπων που περιλαμβάνει).

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν μελέτες οι οποίες έχουν αξιολογήσει την οστική μάζα και πυκνότητα σε αθλητές και αθλήτριες πετοσφαίρισης (Calbet et al., 1999; Dobrosielski et al., 2019; Fehling et al., 1995; Tenforde et al., 2018; Stanforth et al., 2016). Από τις μελέτες αυτές διαπιστώνεται πως οι άνδρες αθλητές πετοσφαίρισης παρουσιάζουν υψηλότερη οστική πυκνότητα σε διάφορα ανατομικά σημεία σε σύγκριση με άτομα της ίδιας ηλικίας που δεν συμμετέχουν συστηματικά σε κάποιο άθλημα (Calbet et al., 1999) και πως οι γυναίκες αθλήτριες παρουσιάζουν ενδεχομένως υψηλότερη οστική πυκνότητα από μη αθλήτριες (Fehling et al., 1995) αλλά χαμηλότερη από αθλήτριες άλλων αθλημάτων, όπως η καλαθοσφαίριση (Dobrosielski et al., 2019; Tenforde et al., 2018; Stanforth et al., 2016). Τα αποτελέσματα ίσως εξαρτώνται επιπρόσθετα από τη διατροφή, καθώς παρατηρείται πως αθλήτριες με χαμηλή θερμιδική πρόσληψη οδηγούνται στη γυναικεία αθλητική τριάδα, η οποία συνδέεται με διαταραχές της εμμήνου ρύσεως και την οστική κατάσταση.

Επιπρόσθετα, μελέτες που σχετίζονται με την οστική πυκνότητα γυναικών αθλητριών στην τρίτη δεκαετία της ζωής τους, διεξήχθησαν με σκοπό τη διερεύνηση διαφορετικών μεταβλητών (Bellver et al., 2021; Gama et al., 2021). Σε κάποιες περιπτώσεις σημαντικό ρόλο διαδραμάτισε το άθλημα με το οποίο είχε ασχοληθεί το δείγμα τα προηγούμενα χρόνια της ζωής του. Σε έρευνα των Gama et al. (2021) που πραγματοποίησαν σε τριαθλήτριες μεγάλων αποστάσεων με σκοπό τη συσχέτιση των χαμηλών ενεργειακών αποθεμάτων με την ανάπτυξη οιστρογόνων και χαμηλής οστικής πυκνότητας, τα αποτελέσματα, κατά μέσο όρο, για την οστική πυκνότητα της σπονδυλικής στήλης ήταν 1.142 g/cm², για τον αυχένα του μηριαίου οστού 1.017 g/cm² και για το ολικό ισχίο 1,018 g/cm². Οι Bellver et al. (2021) σε πείραμά τους μέτρησαν τη σύσταση σώματος και την οστική πυκνότητα σε πρώην ομάδες καλλιτεχνικής

κολύμβησης και τα αποτελέσματα έδειξαν πως η συνολική οστική πυκνότητα του σώματος κυμαινόταν στα $1.110 \pm 0.09 \text{ g/cm}^2$ ενώ η συνολική περιεκτικότητα των οστών σε μέταλλα κυμαινόταν στα $2397.7 \pm 268.5 \text{ g}$. Όσον αφορά στη μέτρηση της οστικής πυκνότητας σε γυναίκες αθλήτριες στην τρίτη δεκαετία της ζωής τους δεν έχουν διεξαχθεί αρκετές μελέτες κι ειδικότερα στον ελληνικό πληθυσμό καμία.

1.3. Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να εξετάσει τις ασκησιογενείς προσαρμογές της σύστασης σώματος και των οστών σε αθλήτριες πετοσφαίρισης κατά την περίοδο της μέγιστης οστικής μάζας.

1.4. Ερευνητικές υποθέσεις

Οι αθλήτριες πετοσφαίρισης θα παρουσιάζουν καλύτερη σύσταση σώματος σε σύγκριση με το γενικό πληθυσμό. Ακόμη, οι αθλήτριες πετοσφαίρισης θα παρουσιάζουν υψηλότερη οστική μάζα και πυκνότητα σε όλο το σώμα σε σύγκριση με τις μη αθλήτριες.

1.5. Οριοθετήσεις και Περιορισμοί

Η μεταπτυχιακή διατριβή αφορά σε αθλήτριες πετοσφαίρισης που αγωνίστηκαν στις δύο υψηλότερες εθνικές κατηγορίες του ελληνικού πρωταθλήματος. Στο σύνολο του δείγματος λήφθηκε ιατρικό ιστορικό και διαπιστώθηκε απουσία ιατρικών παθήσεων που θα μπορούσε ενδεχομένως να επηρεάσει την κατάσταση των οστών. Ωστόσο, στους περιορισμούς της μελέτης ανήκει η μη ανάλυση των διατροφικών στοιχείων που επηρεάζουν το μεταβολισμό των οστών.

1.6. Ορισμοί και Συντομογραφίες

Bone Mass (BM) - *Οστική Μάζα*: Η ποσότητα οστικού ιστού στον σκελετό.

Peak Bone Mass (PBM) - *Μέγιστη Οστική Μάζα*: Η μέγιστη ποσότητα οστικού ιστού στον σκελετό.

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.

Bone Mineral Content (BMC) – Οστική Περιεκτικότητα: Η ποσότητα των μετάλλων που έχει το οστό σε γραμμάρια.

Bone Mineral Density (BMD) – Οστική Πυκνότητα: Η περιεκτικότητα σε μέταλλα που έχει το οστό ανά τετραγωνικό εκατοστό.

DXA - Dual energy X-ray Absorptiometry: Απορροφησιομετρία ακτινών X διπλής ενέργειας.

Ποσοστό σωματικού λίπους (%ΣΛ): είναι η ποσότητα του λιπώδους ιστού εκφρασμένη ως προς τη σωματική μάζα.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1. Δείγμα

Στην έρευνα συμμετείχαν 12 αθλήτριες ηλικίας 20-30 ετών, οι οποίες συμμετείχαν σε ελληνικά εθνικά πρωταθλήματα που είχαν: α) προπονητική ηλικία μεγαλύτερη των 5 ετών, β) απουσία μυοσκελετικού τραυματισμού τον τελευταίο χρόνο πριν την διεξαγωγή των μετρήσεων και γ) απουσία ιατρικών παθήσεων που θα μπορούσε ενδεχομένως να επηρεάσει την κατάσταση των οστών. Επιπρόσθετα, στην έρευνα συμμετείχαν και 7 μη αθλήτριες ηλικίας 20-30 ετών, οι οποίες δεν συμμετείχαν, σε κάποια οργανωμένη μορφή αθλητισμού ή σε μέτρια ή έντονη φυσική δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της ζωής τους και επίσης παρουσίαζαν: α) απουσία μυοσκελετικού τραυματισμού τον τελευταίο χρόνο πριν την διεξαγωγή των μετρήσεων και β) απουσία ιατρικών παθήσεων που θα μπορούσε ενδεχομένως να επηρεάσει την κατάσταση των οστών. Τα περιγραφικά στοιχεία του δείγματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις ($X \pm SD$) των περιγραφικών στοιχείων του δείγματος.

Μεταβλητές	Ομάδα Πετοσφαίρισης (n=12)	Ομάδα Ελέγχου (n=7)
Ηλικία (έτη)	20,84 \pm 1,09	23,24 \pm 3,24
Ύψος (μέτρα)	1,72 \pm 0,06	1,63 \pm 0,03
Βάρος (κιλά)	63,54 \pm 5,76	64,21 \pm 12,64
% Σωματικού Λίπους	33,65 \pm 6,12	36,01 \pm 6,69

2.2. Πειραματικός σχεδιασμός

Το πειραματικό μέρος της μελέτης έλαβε χώρα στις εγκαταστάσεις του ΤΕΦΑΑ Κομοτηνής. Πριν τη διεξαγωγή της μελέτης οι αθλήτριες και οι μη αθλήτριες ενημερώθηκαν προφορικά και γραπτά για τον σκοπό της μελέτης, τις διαδικασίες των μετρήσεων, τα οφέλη από τη συμμετοχή τους και για τους πιθανούς κινδύνους. Στην ενημέρωση συμπεριλαμβάνονταν η οδηγία πως οποιαδήποτε στιγμή αποφάσιζαν τη διακοπή στη συμμετοχή αυτό θα συνέβαινε αυτόματα χωρίς οποιαδήποτε αρνητική συνέπεια. Στη συνέχεια δήλωσαν ενυπόγραφα τη συμμετοχή τους στη μελέτη. Οι

συμμετέχουσες παρευρέθηκαν σε κλειστό εσωτερικό χώρο και πήραν μέρος σε αξιολόγηση των παρακάτω σωματομετρικών χαρακτηριστικών: ύψος από όρθια θέση (Seca bodymeter), σωματικό βάρος (Seca alpha 770), ποσοστό σωματικού λίπους (DXA), οστική μάζα και πυκνότητα (DXA).

2.3. Περιγραφή μετρήσεων και όργανα μέτρησης

Οι αθλήτριες πετοσφαίρισης και η μη αθλήτριες αξιολογήθηκαν ως προς τη σύσταση σώματος και την οστική τους μάζα και πυκνότητα σε όλο το σώμα με τη μέθοδο της απορροφησιομετρίας ακτινών Χ διπλής ενέργειας. Αξιολογήθηκαν επιπρόσθετα, το σωματικό βάρος και το ύψος από όρθια θέση.

2.3.1. Αξιολόγηση σωματομετρικών χαρακτηριστικών

Ύψος από όρθια θέση. Κατά τη καταγραφή του ύψους οι συμμετέχουσες δεν φορούσαν υποδήματα και στέκονταν όρθιες στο αναστημόμετρο Seca 213. Η καταγραφή του σωματικού βάρους έγινε με ζυγαριά ακριβείας (Seca alpha 770, Vogel & Halke Hamburg, Germany). Οι συμμετέχουσες είχαν ελαφρύ ρουχισμό, δεν φορούσαν υποδήματα και τα πόδια τους ήταν γυμνά. Τέλος δεν έφεραν μεταλλικά αντικείμενα κατά τη μέτρηση.

2.3.2. Αξιολόγηση σύστασης σώματος με τη μέθοδο απορροφησιομετρίας ακτινών Χ διπλής ενέργειας (DXA)

Η αξιολόγηση της σύστασης σώματος πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της απορροφησιομετρίας ακτίνων Χ διπλής ενέργειας (DXA). Η τεχνολογία απόκτησης δεδομένων την οποία χρησιμοποιεί, στηρίζεται στο φάσμα που δημιουργείται με την χρήση ταχείας εναλλαγής μεταξύ υψηλού και χαμηλού σωλήνα ακτίνων Χ με σκοπό την παραγωγή των δύο μέγιστων ενεργειών τους. Έτσι η μέτρηση των δεδομένων σε δύο διαφορετικές ενέργειες δίνει την δυνατότητα να συναχθούν οι πυκνότητες δύο διαφορετικών τύπων ιστών 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 ακτινών Χ. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε το μηχάνημα Lunar DPX-NT (GE Healthcare, Diegem, Belgium) και η ακτινοβολία που δέχθηκαν οι αθλήτριες 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).

Απαραίτητη προϋπόθεση για την αξιολόγηση της σύστασης σώματος ήταν οι συμμετέχουσες να απέχουν από οποιοδήποτε είδος τροφής το προηγούμενο βράδυ. Ακόμη, ο ρουχισμός των συμμετεχόντων στην αξιολόγηση ήταν συγκεκριμένος και σε περίπτωση που διέθεταν μεταλλικά αντικείμενα πάνω τους τα αφαιρούσαν. 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 αστραγάλοι. Για την σταθεροποίηση των κάτω άκρων τοποθετούνταν ζώνες περιδέσης γύρω από τα γόνατα και τους αστραγάλους ενώ κρατούσαν τεντωμένα τα χέρια τους δίπλα στον κορμό. Αφού βρισκόταν σε ύπτια οριζόντια θέση, όπως προτείνει ο κατασκευαστής, ξεκινούσε η σάρωση στο σύνολο του σώματος.

2.3.3. Αξιολόγηση οστικής πυκνότητας με τη μέθοδο DXA

Με την μέθοδο απορροφησιμετρίας ακτίνων Χ διπλής ενέργειας (DXA) αξιολογήθηκαν και η οστική μάζα και οστική πυκνότητα όλου του σώματος μαζί με τις αντίστοιχες τιμές στο ισχίο και τη σπονδυλική στήλη. Η αξιολόγηση της οστικής πυκνότητας και περιεκτικότητας σε μέταλλα του συνόλου του σώματος πραγματοποιούνταν την ίδια χρονική στιγμή (στην ίδια σάρωση) με την αξιολόγηση της σύστασης σώματος όπως εναποτέθηκε προηγουμένως. 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.

2.4. Στατιστική ανάλυση

Η παρούσα διατριβή είχε ως αντικείμενο την εξέταση των ασκησιογενών προσαρμογών στη σύσταση σώματος και στην οστική κατάσταση αθλητριών πετοσφαίρισης. Στη μελέτη συμμετείχαν αθλήτριες πετοσφαίρισης και γυναίκες αντίστοιχης ηλικίας που δεν συμμετείχαν συστηματικά σε οποιαδήποτε αθλητική δραστηριότητα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως μέσοι όροι \pm την τυπική απόκλιση.

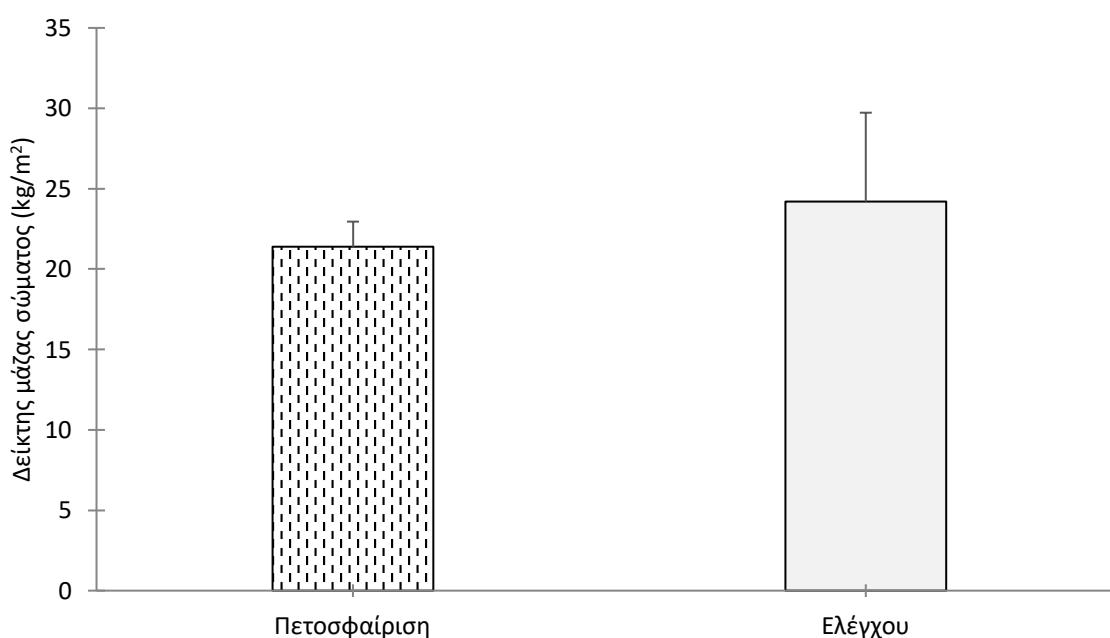
Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με δύο επίπεδα). Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο 0,05.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η διερεύνηση των προσαρμογών στη σύσταση σώματος και την οστική κατάσταση σε γυναίκες αθλήτριες ηλικίας 20-30 ετών λόγω της συμμετοχής στο άθλημα της πετοσφαίρισης. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της διατριβής. Αρχικά παρουσιάζονται τα αποτελέσματα στις παραμέτρους οστικής κατάστασης (οστική μάζα και οστική πυκνότητα) και στη συνέχεια της σύστασης σώματος (δείκτη μάζας σώματος, άλιπη και λιπώδης μάζα) στα ανατομικά σημεία που εξετάστηκαν.

3.1. Δείκτης μάζας σώματος

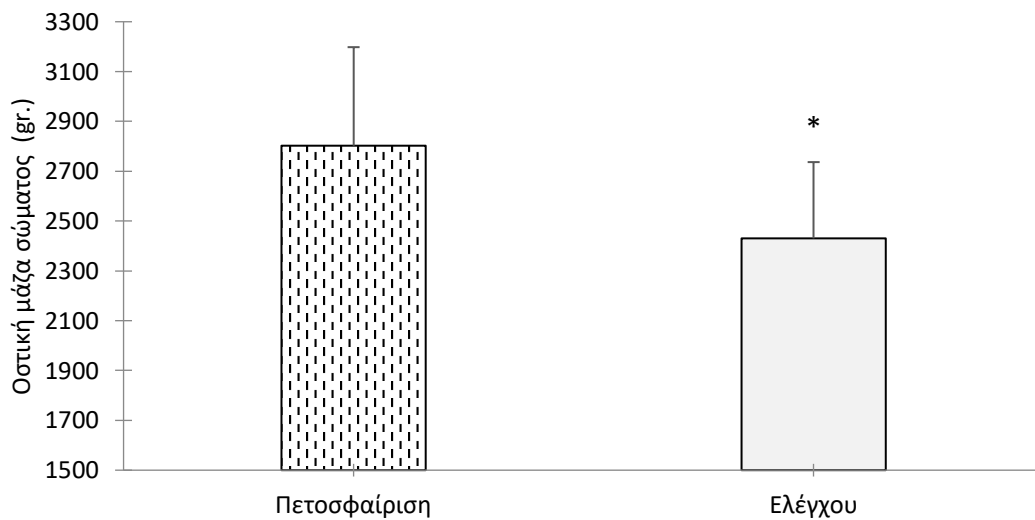
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 2 επίπεδα) δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς τον δείκτη μάζας σώματος [$F(1,18)= 2,82$; $p= 0,11$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Σύγκριση των ομάδων ως προς τον δείκτη μάζας σώματος.

3.2. Οστική μάζα σώματος

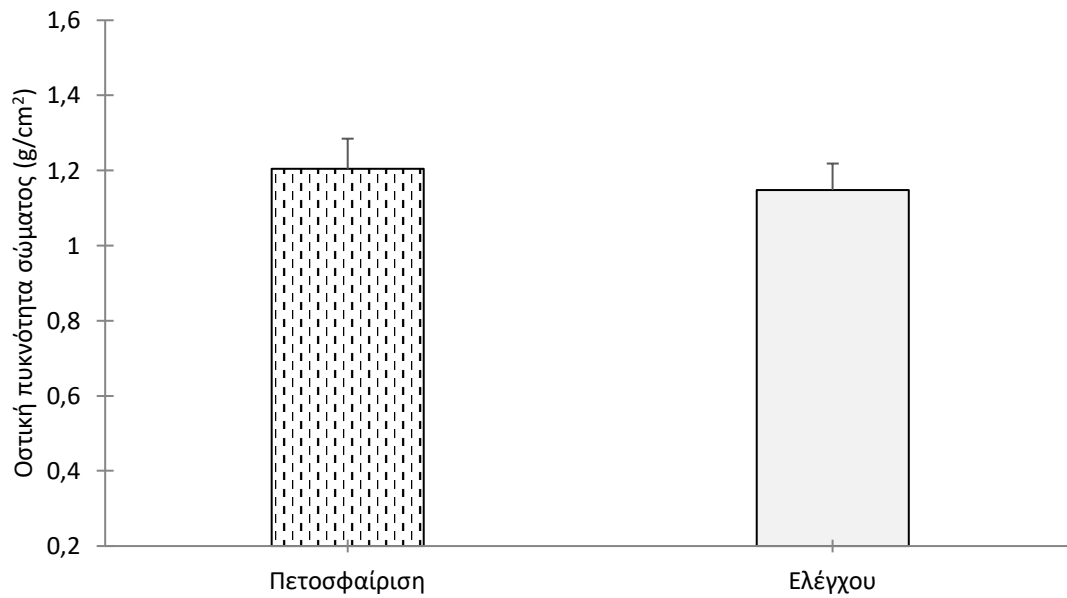
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 2 επίπεδα) διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την οστική μάζα σώματος, όπου η ομάδα πετοσφαίρισης παρουσίασε υψηλότερες τιμές από την ομάδα ελέγχου [$F(1, 18) = 4,55; p = 0,04$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2. Σύγκριση των ομάδων ως προς την οστική μάζα σώματος. *Σημαντικές διαφορές [$F(1, 18) = 4,55; p = 0,04$].

3.3. Οστική πυκνότητα σώματος

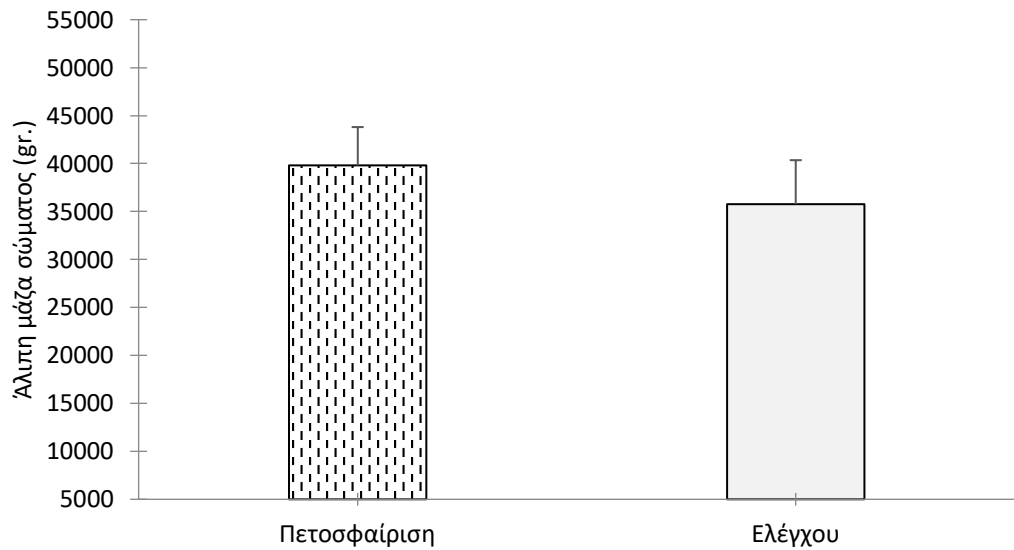
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 2 επίπεδα) δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την οστική πυκνότητα σώματος [$F(1,18)= 2,39$; $p= 0,14$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.



Σχήμα 3. Σύγκριση των ομάδων ως προς την οστική πυκνότητα σώματος.

3.4. Άλιπη μάζα σώματος

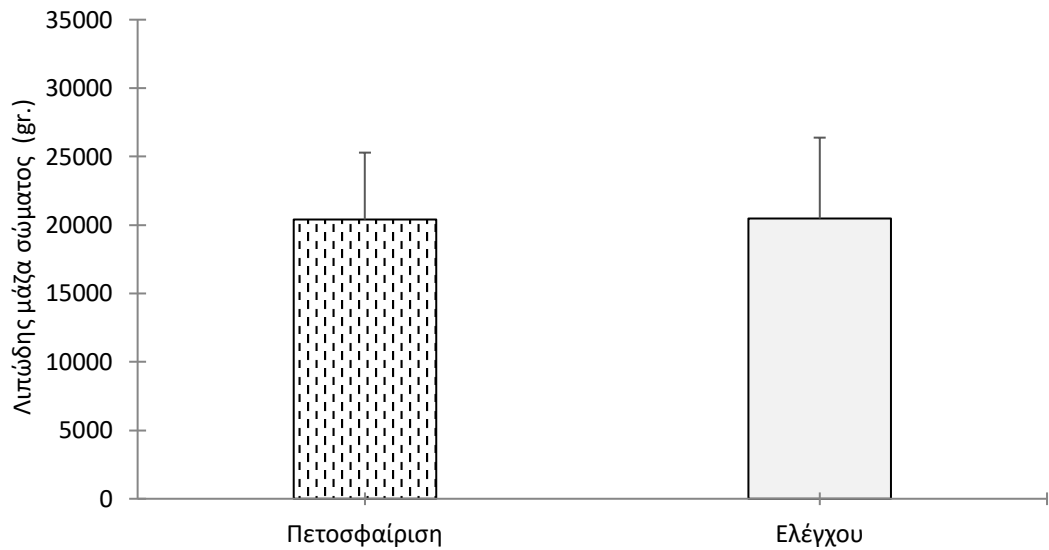
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 2 επίπεδα) δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την άλιπη μάζα σώματος [$F(1,18)= 4,07$; $p= 0,6$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.



Σχήμα 4. Σύγκριση των ομάδων ως προς την άλιπη μάζα σώματος.

3.5. Λιπώδης μάζα σώματος

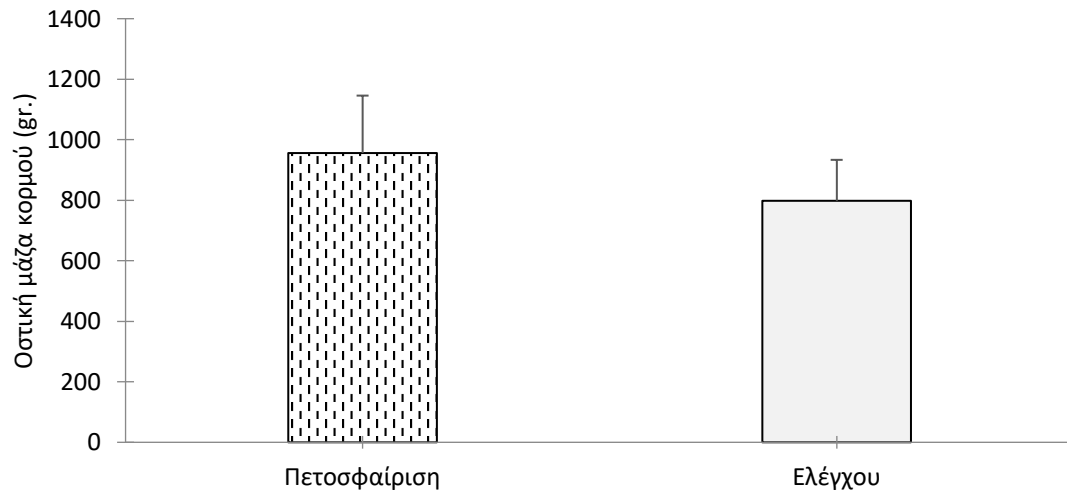
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 2 επίπεδα) δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την λιπώδη μάζα σώματος [$F(1,18)= 0,001$; $p= 0,97$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.



Σχήμα 5. Σύγκριση των ομάδων ως προς την λιπώδη μάζα σώματος.

3.6. Οστική μάζα κορμού

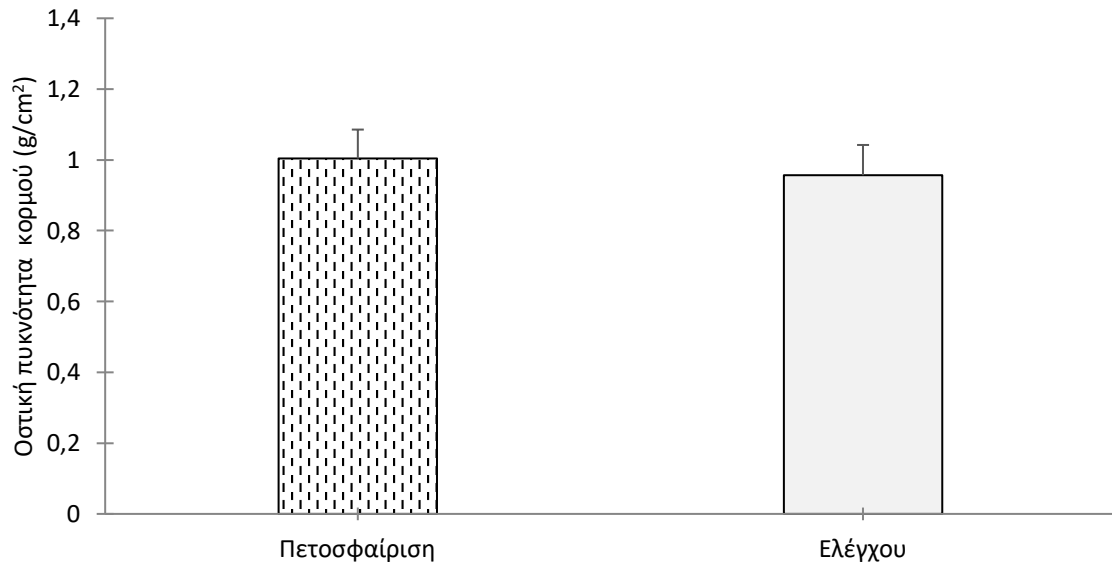
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 2 επίπεδα) δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την οστική μάζα κορμού [$F(1,18) = 3,69$; $p = 0,07$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 6.



Σχήμα 6. Σύγκριση των ομάδων ως προς την οστική μάζα κορμού.

3.7. Οστική πυκνότητα κορμού

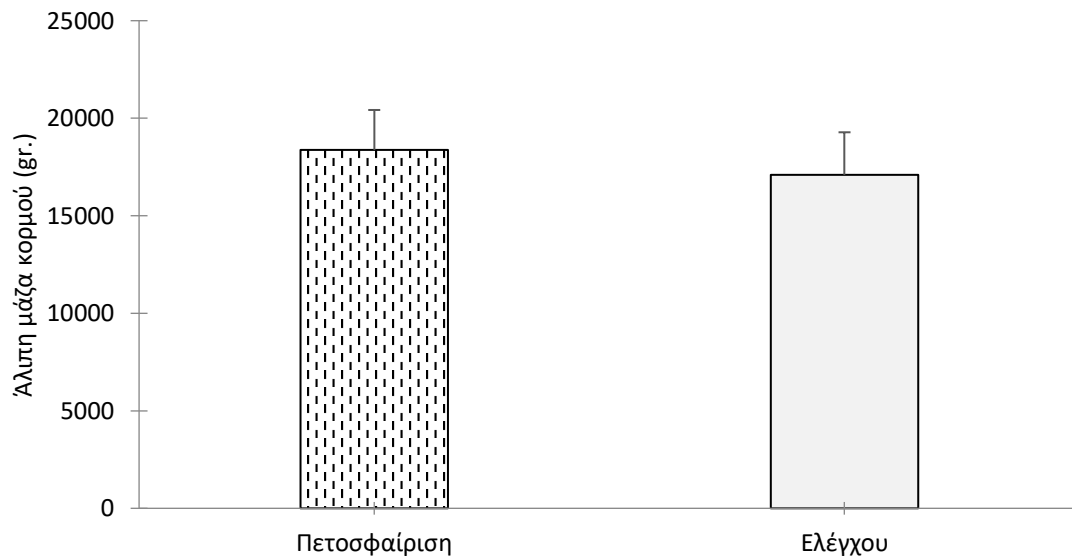
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 2 επίπεδα) δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την οστική πυκνότητα κορμού [$F(1,18)= 1,43$; $p= 0,24$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 7.



Σχήμα 7. Σύγκριση των ομάδων ως προς την οστική πυκνότητα κορμού.

3.8. Άλιπη μάζα κορμού

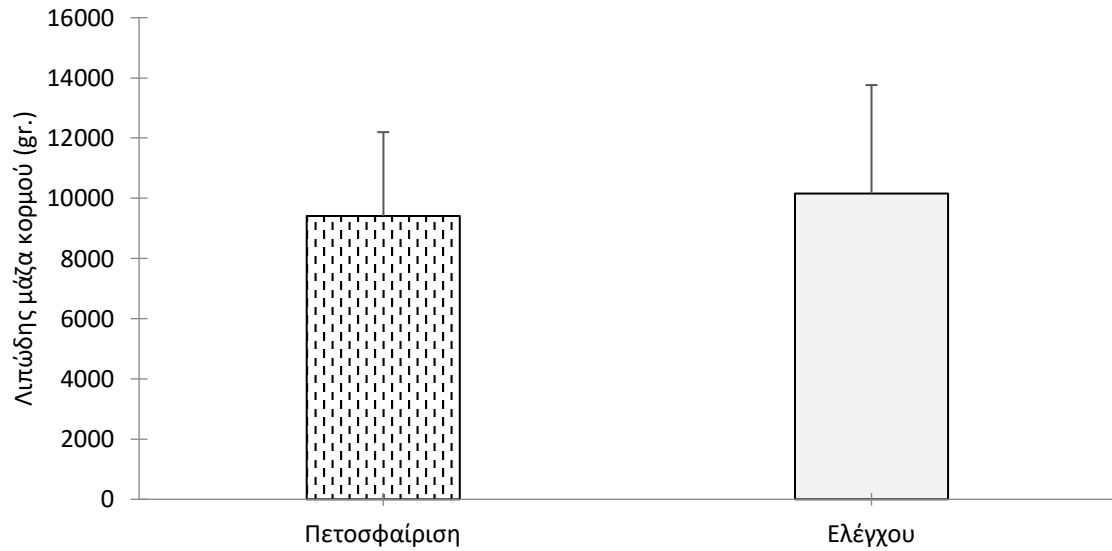
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 2 επίπεδα) δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την άλιπη μάζα κορμού [$F(1,18) = 1,64; p = 0,21$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 8.



Σχήμα 8. Σύγκριση των ομάδων ως προς την άλιπη μάζα κορμού.

3.9. Λιπώδης μάζα κορμού

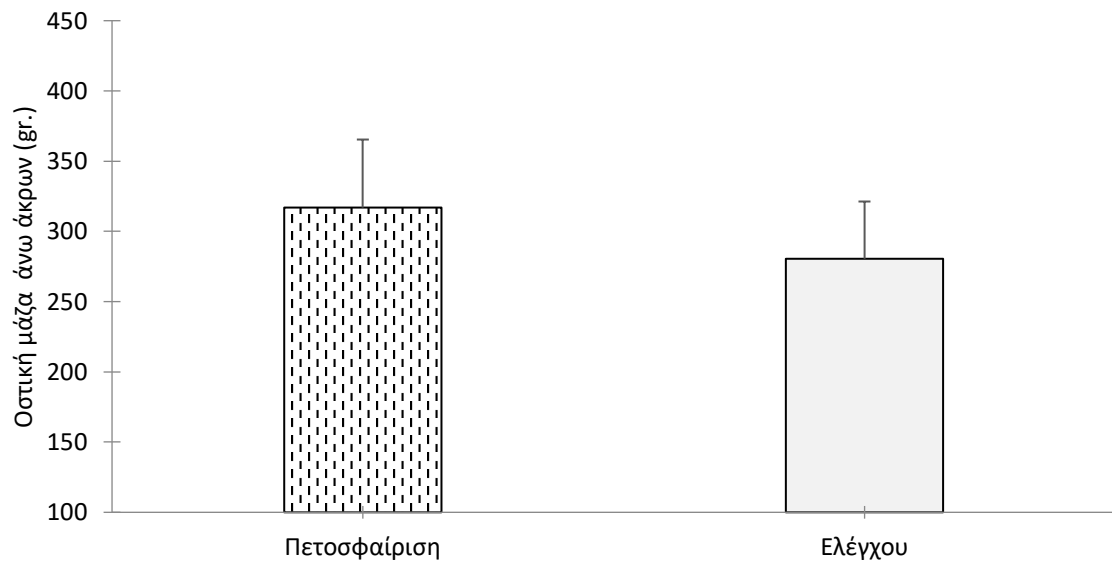
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 2 επίπεδα) δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την λιπώδη μάζα κορμού [$F(1,18) = 0,25$; $p = 0,62$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 9.



Σχήμα 9. Σύγκριση των ομάδων ως προς την λιπώδη μάζα κορμού.

3.10. Οστική μάζα άνω άκρων

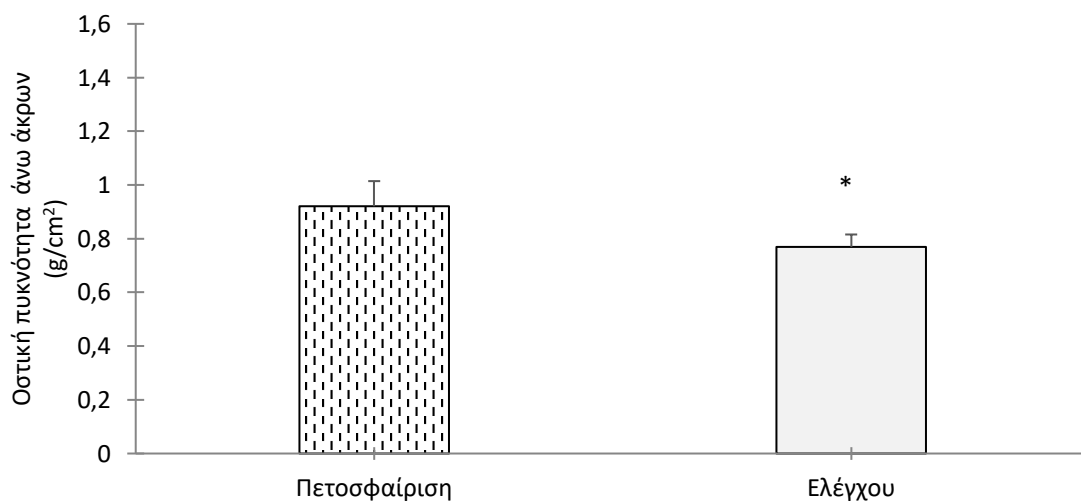
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 2 επίπεδα) δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την οστική μάζα άνω άκρων [$F(1,18)= 2,79$; $p= 0,11$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 10.



Σχήμα 10. Σύγκριση των ομάδων ως προς την οστική μάζα άνω άκρων.

3.11. Οστική πυκνότητα άνω άκρων

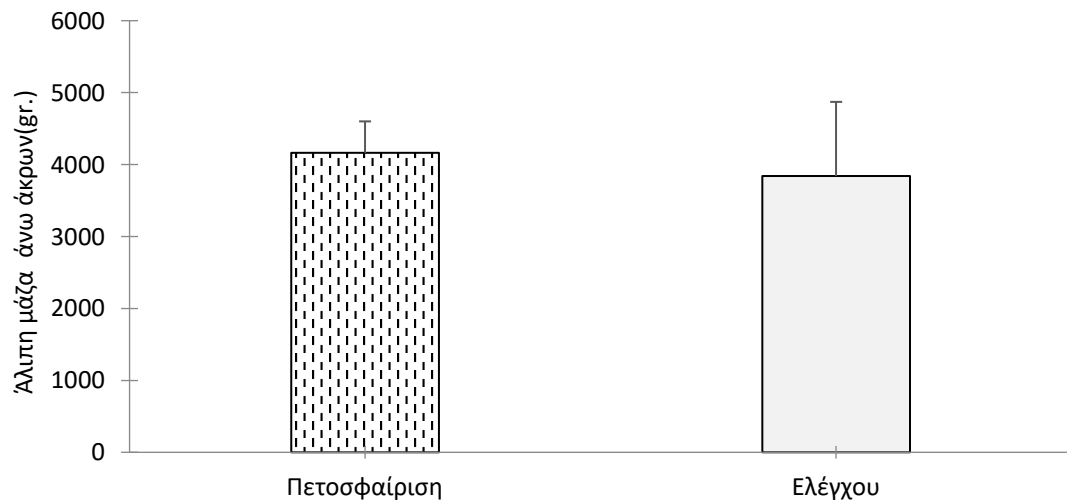
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 2 επίπεδα) διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την οστική πυκνότητα άνω άκρων, όπου η ομάδα πετοσφαίρισης παρουσίασε υψηλότερες τιμές από την ομάδα ελέγχου [$F(1,18)= 15,8$; $p= 0,001$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 11.



Σχήμα 11. Σύγκριση των ομάδων ως προς την οστική πυκνότητα άνω άκρων. *Σημαντικές διαφορές [$F(1, 18)= 15,8$; $P= 0,001$].

3.12. Άλιπη μάζα άνω άκρων

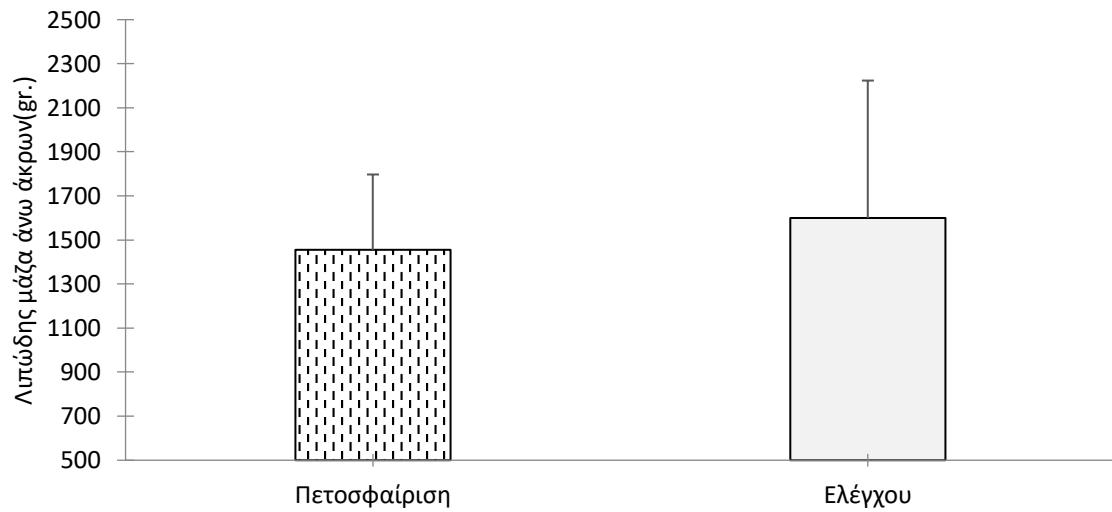
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 2 επίπεδα) δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την άλιπη μάζα άνω άκρων [$F(1,18) = 0,92$; $p = 0,35$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 12.



Σχήμα 12. Σύγκριση των ομάδων ως προς την άλιπη μάζα άνω άκρων.

3.13. Λιπώδης μάζα άνω άκρων

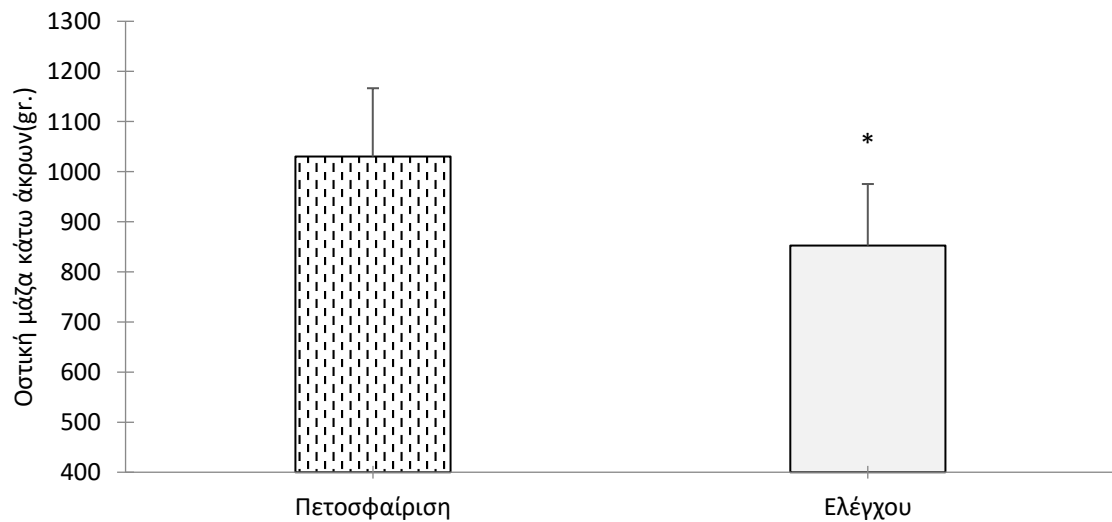
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 2 επίπεδα) δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την λιπώδη μάζα άνω άκρων [$F(1,18)= 0,43$; $p= 0,52$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 13.



Σχήμα 13. Σύγκριση των ομάδων ως προς την λιπώδη μάζα άνω άκρων.

3.14. Οστική μάζα κάτω άκρων

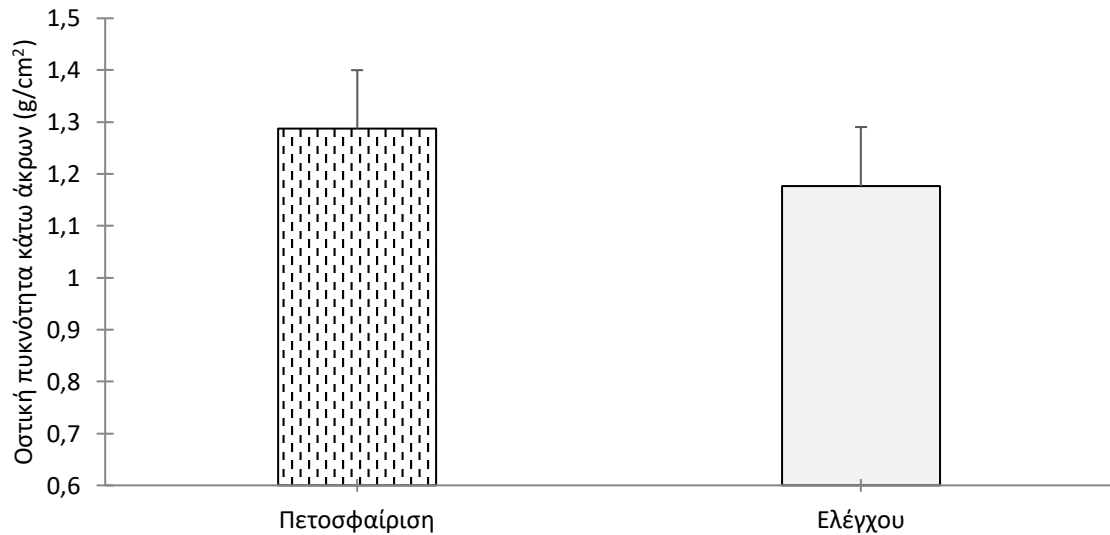
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 2 επίπεδα) διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την οστική μάζα κάτω άκρων, όπου η ομάδα πετοσφαίρισης παρουσίασε υψηλότερες τιμές από την ομάδα ελέγχου [$F(1,18)= 8,04$; $p= 0,01$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 14.



Σχήμα 14. Σύγκριση των ομάδων ως προς την οστική μάζα κάτω άκρων. *Σημαντικές διαφορές [$F(1, 18)= 8,04$; $p= 0,01$].

3.15. Οστική πυκνότητα κάτω άκρων

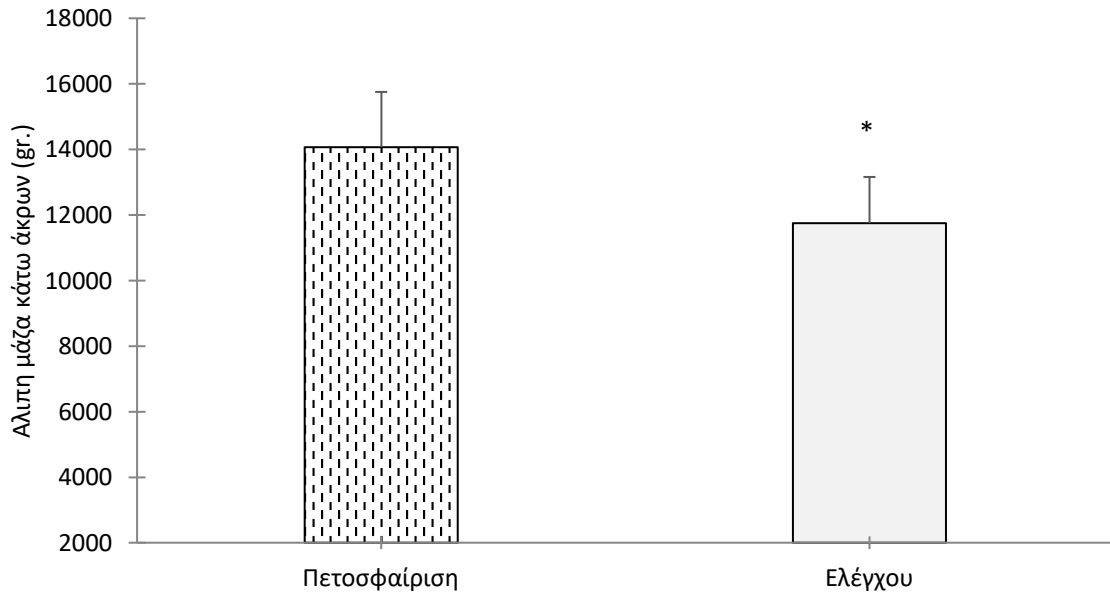
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 2 επίπεδα) δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την οστική πυκνότητα κάτω άκρων [$F(1,18)= 4,24$; $p= 0,05$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 15.



Σχήμα 15. Σύγκριση των ομάδων ως προς την οστική πυκνότητα κάτω άκρων.

3.16. Άλιπη μάζα κάτω άκρων

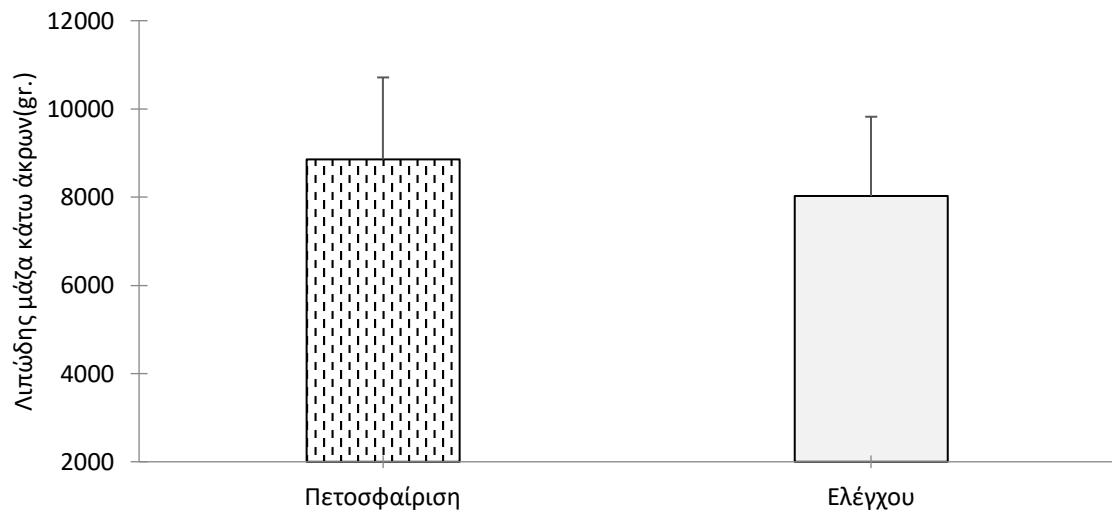
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 2 επίπεδα) διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την άλιπη μάζα κάτω άκρων, όπου η ομάδα πετοσφαίρισης παρουσίασε υψηλότερες τιμές από την ομάδα ελέγχου [$F(1,18)= 9,34$; $p= 0,007$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 16.



Σχήμα 16. Σύγκριση των ομάδων ως προς την άλιπη μάζα κάτω άκρων. *Σημαντικές διαφορές [$F(1, 18)= 9,34$; $p= 0,007$].

3.17. Λιπώδης μάζα κάτω άκρων

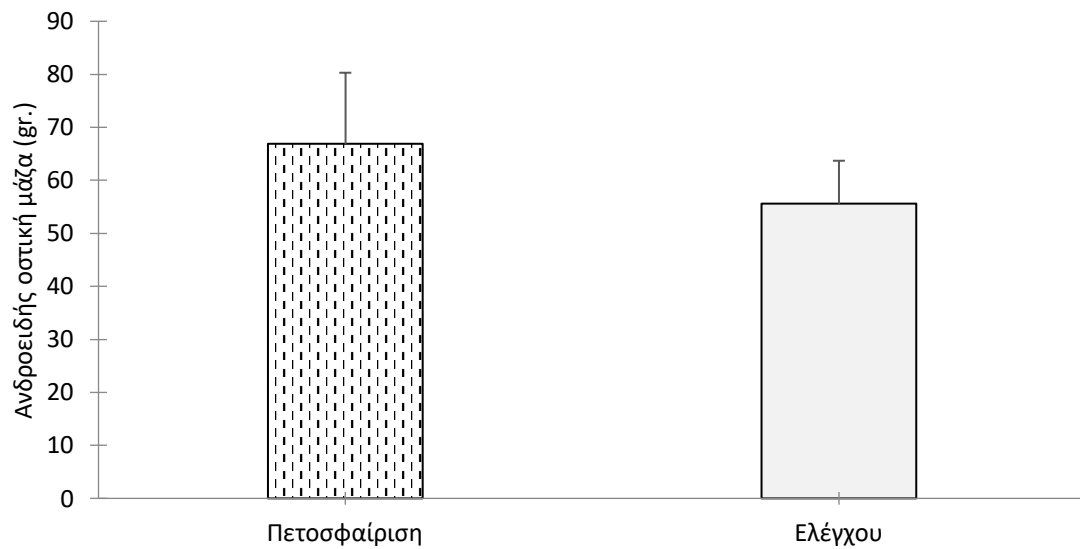
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 2 επίπεδα) δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την λιπώδη μάζα κάτω άκρων [$F(1,18) = 0,9$; $p = 0,35$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 17.



Σχήμα 17. Σύγκριση των ομάδων ως προς τη λιπώδη μάζα κάτω άκρων.

3.18. Ανδροειδής οστική μάζα

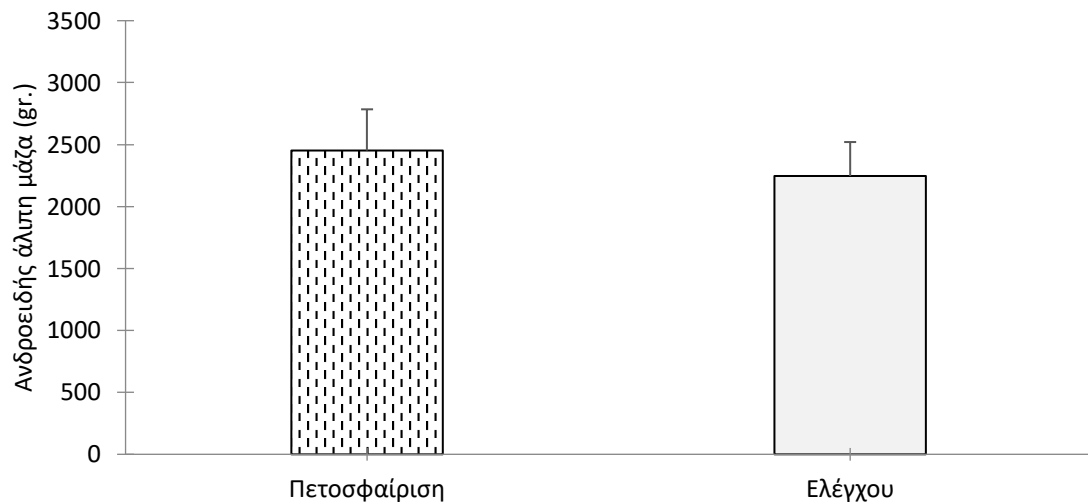
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 2 επίπεδα) δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την ανδροειδή οστική μάζα κορμού [$F(1,18) = 4,04$; $p = 0,06$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 18.



Σχήμα 18. Σύγκριση των ομάδων ως προς την ανδροειδή οστική μάζα.

3.19. Ανδροειδής άλιπη μάζα

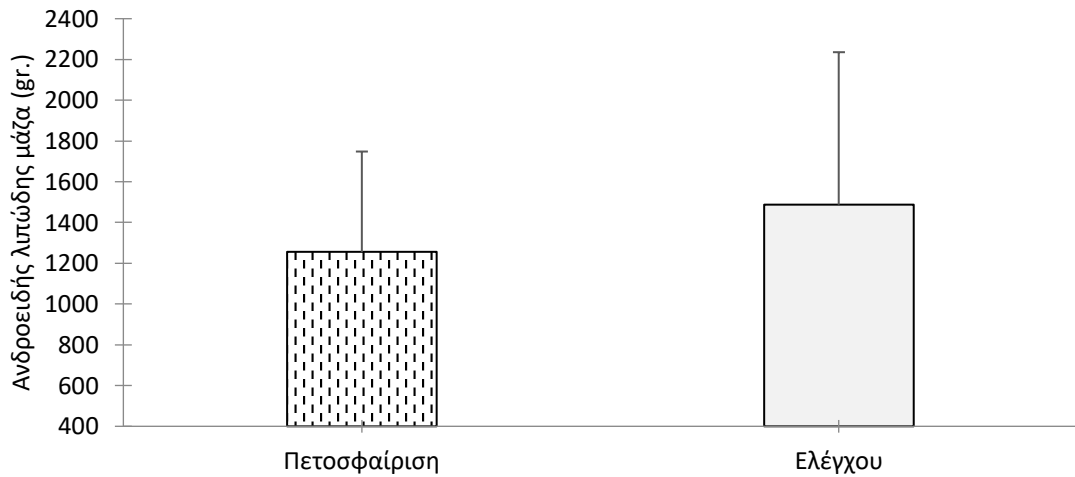
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 2 επίπεδα) δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την ανδροειδή άλιπη μάζα [$F(1,18)= 1,9$; $p= 0,18$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 19.



Σχήμα 19. Σύγκριση των ομάδων ως προς την ανδροειδή άλιπη μάζα.

3.20. Ανδροειδής λιπώδης μάζα

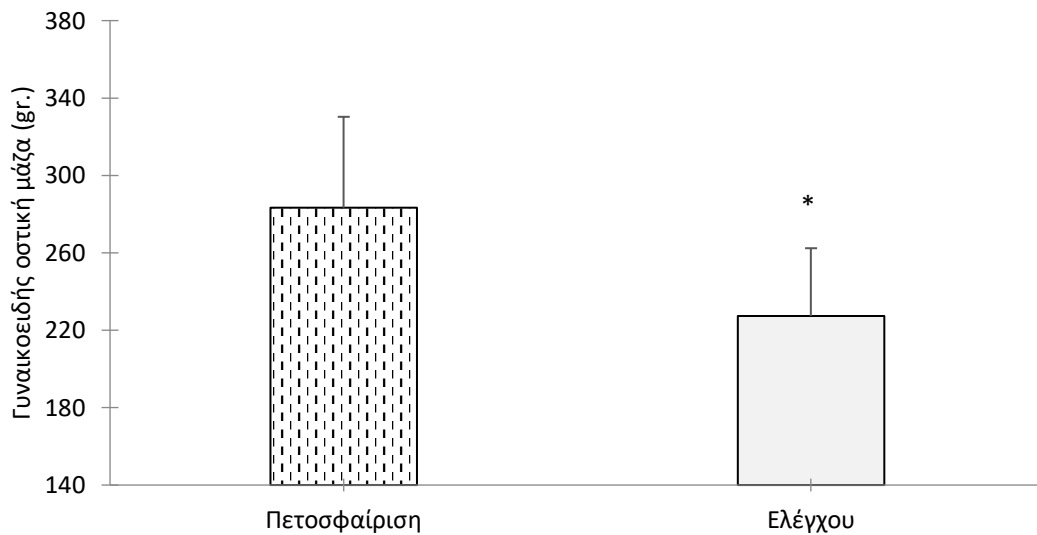
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 2 επίπεδα) δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την ανδροειδή λιπώδη μάζα [$F(1,18)= 0,66$; $p= 0,42$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 20.



Σχήμα 20. Σύγκριση των ομάδων ως προς την ανδροειδή λιπώδη μάζα.

3.21. Γυναικοειδής οστική μάζα

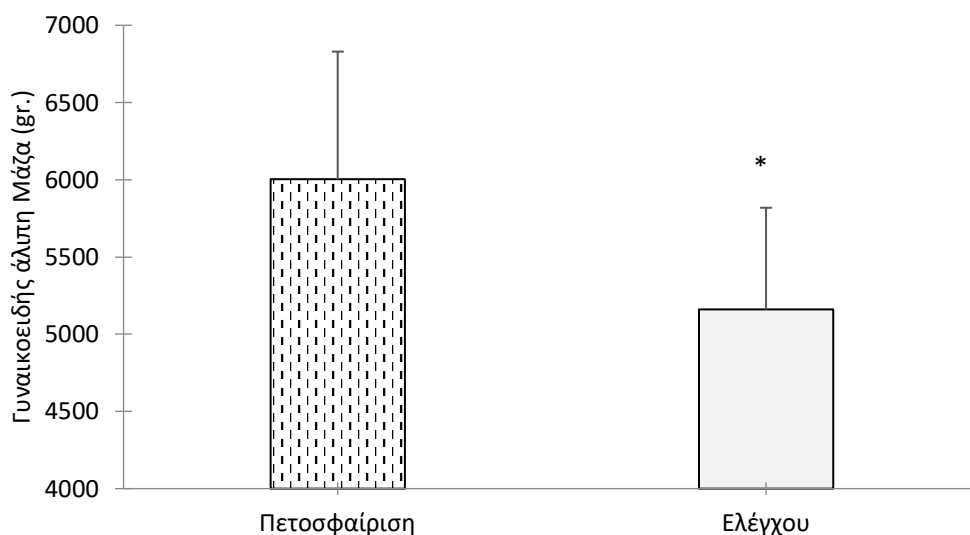
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 2 επίπεδα) διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την γυναικοειδή οστική μάζα, όπου η ομάδα πετοσφαίρισης παρουσίασε υψηλότερες τιμές από την ομάδα ελέγχου [$F(1,18)= 7,44$; $p= 0,01$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 21.



Σχήμα 21. Σύγκριση των ομάδων ως προς την γυναικοειδή οστική μάζα. *Σημαντικές διαφορές [$F(1, 18)= 7,44$; $p= 0,01$].

3.22. Γυναικοειδής άλιπη μάζα

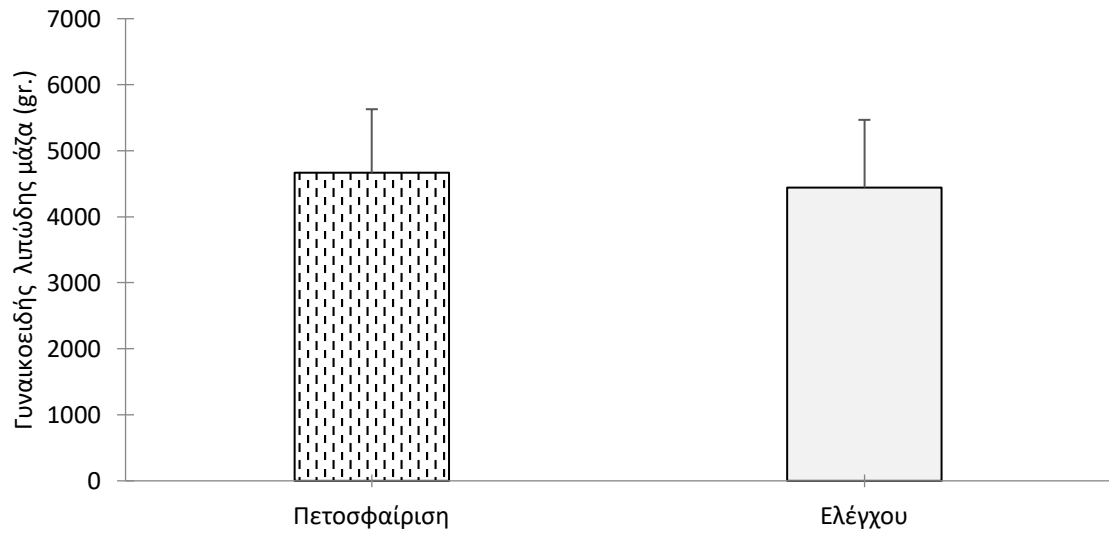
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 2 επίπεδα) διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την γυναικοειδή άλιπη μάζα, όπου η ομάδα πετοσφαίρισης παρουσίασε υψηλότερες τιμές από την ομάδα ελέγχου [$F(1,18)= 5,28$; $p= 0,03$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 22.



Σχήμα 22. Σύγκριση των ομάδων ως προς την γυναικοειδή άλιπη μάζα. *Σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων [$F(1, 18)= 5,28$; $p= 0,03$].

3.23. Γυναικοειδής λιπώδης μάζα

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 2 επίπεδα) δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την γυναικοειδή λιπώδη μάζα [$F(1,18)= 0,23$; $p= 0,63$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 23.



Σχήμα 23. Σύγκριση των ομάδων ως προς τη γυναικοειδή λιπώδη μάζα.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξετάσει αν η συμμετοχή στο άθλημα της πετοσφαίρισης είχε οφέλη σε δείκτες οστικής κατάστασης και παραμέτρους της σύστασης σώματος σε γυναίκες αθλήτριες ηλικίας 20-30 ετών.

4.1. Οστική κατάσταση

Οι παράμετροι της οστικής κατάστασης του σώματος και ξεχωριστά του κορμού, των άνω και των κάτω άκρων, υπήρξαν κάποιες από τις εξαρτημένες μεταβλητές της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας. Στα αποτελέσματα δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων πετοσφαίρισης και ελέγχου ως προς την οστική πυκνότητα σώματος, του κορμού, των κάτω άκρων και ως προς την οστική μάζα του κορμού και των άνω άκρων. Αντίθετα, εντοπίστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των αθλητριών πετοσφαίρισης και μη αθλητριών, ως προς την οστική πυκνότητα των άνω άκρων και την οστική μάζα σώματος, των κάτω άκρων και τη γυναικοειδή οστική μάζα με την παρουσία υψηλότερων τιμών για την ομάδα αθλητριών πετοσφαίρισης. Σε παρόμοια μελέτη των Bellver et al. (2019) η ομάδα πετοσφαίρισης παρουσίασε υψηλότερες τιμές όχι μόνο στη συνολική οστική μάζα, αλλά και στη συνολική οστική πυκνότητα, την οστική πυκνότητα του κορμού και την οστική πυκνότητα άνω και κάτω άκρων. Με αυτά τα αποτελέσματα συμφωνούν και οι Stanforth et al. (2016) σε έρευνα που πραγματοποίησαν στις ίδιες πληθυσμιακές ομάδες. Σε μερική συμφωνία έρχονται τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας καθώς δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στις υπόλοιπες τιμές οστικής πυκνότητας πέραν της οστικής πυκνότητας άνω άκρων. Ομολογουμένως, η φυσική δραστηριότητα αυξάνει την οστική πυκνότητα (Bailey & Brooke-Wavell, 2008; Maïmoun et al., 2013; Vlachopoulos et al., 2017), ταυτόχρονα όμως υπάρχουν κι άλλοι παράγοντες οι οποίοι την επηρεάζουν, όπως η ηλικία και η διατροφή (Michalopoulou et al., 2013; Kambas et al., 2016; Vlachopoulos et al., 2018). Στη ΜΔΕ το δείγμα δεν συμπλήρωσε ερωτηματολόγιο για τη συχνότητα κατανάλωσης τροφίμων. Κατά συνέπεια, οι διαφορές των ευρημάτων της ΜΔΕ και των δύο προαναφερθεισών μελετών (Bellver et al., 2019 & Stanforth et al., 2016) ενδεχομένως να οφείλονται στις διατροφικές συνήθειες μεταξύ των ομάδων (Tenforde et al., 2018). Στα αποτελέσματα της ΜΔΕ διαπιστώθηκε επίσης πως η ομάδα

αθλητριών αντιστοιχούσε σε αθλήτριες μέσου επιπέδου, σε αντίθεση με το επίπεδο των συμμετεχόντων στις παραπάνω μελέτες, στις οποίες αξιολογήθηκαν αθλήτριες της πρώτης εθνικής κατηγορίας (Bellver et al., 2019; Tenforde et al., 2018). Ενδεχομένως οι αθλήτριες πετοσφαίρισης μεγαλύτερης κατηγορίας να δέχονταν υψηλότερες προπονητικές επιβαρύνσεις και οστεογενετικά ερεθίσματα. Για τον λόγο αυτό κρίνεται αναγκαία η διεξαγωγή διαχρονικών μελετών στο άθλημα της πετοσφαίρισης που θα εξετάζουν διαφορετικού επιπέδου αθλήτριες και θα καταγράφουν ταυτόχρονα την εξωτερική επιβάρυνση που δέχονται κατά την περίοδο της ανάπτυξης της μέγιστης οστικής μάζας, προκειμένου να διαφωτίσουν το συγκεκριμένο ερευνητικό πεδίο. Επίσης καλό θα ήταν να γίνεται ταυτόχρονα και καταγραφή της διατροφικής συμπεριφοράς τους κατά την αναπτυξιακή ηλικία και την περίοδο της ανάπτυξης της μέγιστης οστικής μάζας.

4.2. Σύσταση σώματος

Σημαντικός παράγοντας στην απόδοση των αθλητριών της πετοσφαίρισης αποτελεί η σύσταση σώματος, η οποία ορίζεται από το μέγεθος και την κατανομή των τιμών της άλιπης, λιπώδης και οστικής μάζας σε ολόκληρο το σώμα. Στην παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των πειραματικών ομάδων στις τιμές της άλιπης μάζας κάτω άκρων και στη γυναικοειδή άλιπη μάζα. Αντίθετα, στις παραμέτρους της άλιπης και λιπώδους μάζας, σε όλο το σώμα, τον κορμό, τα άνω άκρα, την ανδροειδή περιοχή, τη λιπώδη μάζα κάτω άκρων και γυναικοειδή περιοχή δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά. Οι Bellver et al. (2019) και οι Di Vincenzo et al. (2020) παρουσίασαν στα αποτελέσματά τους σημαντικά υψηλότερες τιμές στη συνολική άλιπη μάζα για την ομάδα πετοσφαίρισης, εν αντιθέσει με τη ΜΔΕ όπου δεν υπήρξε σημαντική διαφορά. Σημαντικό ρόλο ενδεχομένως να διαδραμάτισε και εδώ η διαφορά στο αγωνιστικό επίπεδο των αθλητριών, καθώς στα αποτελέσματα της ΜΔΕ διαπιστώθηκε πως τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά και η σύσταση σώματος των αθλητριών αντιστοιχούσε σε αθλήτριες μέσου επιπέδου. Ένας ακόμα περιοριστικός παράγοντας της ΜΔΕ υπήρξε το μικρό μέγεθος του δείγματος και στις δυο ομάδες. Σε σύγκριση με τις δυο προηγούμενες έρευνες (Bellver et al., 2019; Di Vincenzo et al., 2020), οι ομάδες ελέγχου είχαν τουλάχιστον το τριπλάσιο πληθυσμιακό δείγμα ($n=126$ & $n=22$) και πιθανόν στο γεγονός αυτό να οφείλονται τα αντικρουόμενα αποτελέσματα.

Στην παρούσα ΜΔΕ ως προς τον Δείκτη μάζας σώματος (ΔΜΣ), η ομάδα πετοσφαίρισης παρουσίασε μέσο όρο $21,39 \pm 1,56 \text{ kg/m}^2$ και η ομάδα ελέγχου $24,19 \pm 5,52 \text{ kg/m}^2$, ενώ δεν παρουσιάστηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων. Τα παραπάνω αποτελέσματα κυμάνθηκαν σε μέτρια επίπεδα για τις αθλήτριες δεδομένο στο οποίο συμφωνεί και η έρευνα των Di Vincenzo et al. (2020), όπου ο ΔΜΣ μεταξύ των δυο ομάδων (πετοσφαίρισης και ελέγχου) δεν είχε καμία διαφορά. Από τη βιβλιογραφία (Tenforde et al., 2018), οι χαμηλές τιμές του ΔΜΣ, φέρουν ως αποτέλεσμα χαμηλούς δείκτες τιμών και στην οστική πυκνότητα. Δεδομένου της σχετικής επιρροής που φαίνεται να πραγματοποιεί η άλιπη σωματική μάζα στην οστική μάζα σώματος (Manzoni et al., 1996; Ferretti et al., 1998; Rauch et al., 2004), κατά συνέπεια αποτελεί καταλυτικό παράγοντα και στην οστική πυκνότητα σώματος, η οποία σε περίπτωση παρουσίασης χαμηλών τιμών συντελεί στην εμφάνιση οστεοπόρωσης στην προχωρημένη ενήλικη ζωή.

Η οστεογεννητική επίδραση της άσκησης οφείλεται κυρίως στο μηχανικό φορτίο που εφαρμόζεται στο οστό (Bergmann et al., 2010). Επομένως, τα αθλήματα που περιέχουν περισσότερες κρούσεις και κινητικά πρότυπα όπως τα άλματα, επιταχύνσεις, επιβραδύνσεις κλπ., προάγουν την οστεοσύνθεση (Agostinete et al., 2020). Η πετοσφαίριση αδιαμφισβήτητα, είναι ένα από τα οστεογενή αθλήματα και η ενασχόληση με το άθλημα αυξάνει τις τιμές οστικής μάζας, γεγονός που αποδεικνύεται και μέσα από τα αποτελέσματα της παρούσας ΜΔΕ. Επιπρόσθετα, πολλοί ερευνητές αξιολόγησαν τις τιμές στη σύσταση σώματος αθλητριών από άλλα αθλήματα (Dobrosielski et al., 2019; Fields et al., 2018) με σκοπό την σύγκρισή τους με αυτές των αθλητριών πετοσφαίρισης, ενώ άλλοι θέλησαν να εξετάσουν τις διαφοροποιήσεις που μπορεί να είχαν οι αθλήτριες πετοσφαίρισης είτε σύμφωνα με την ειδίκευση της κάθε αθλήτριας (Bisch et al., 2020; Martín-Matillas et al., 2013; Mielgo-Aguso et al., 2014), είτε σύμφωνα με το επίπεδο και την κατηγορία τους (Carvalho et al., 2020; Martín-Matillas et al., 2013). Εν κατακλείδι, η Μεταπτυχιακή Διατριβή επιβεβαιώνει το γεγονός πως η πετοσφαίριση συνηγορεί στην αύξηση των τιμών στις παραμέτρους που δρουν καταλυτικά στην βελτίωση της οστικής κατάστασης και σύστασης σώματος σε γυναίκες έως την τρίτη δεκαετία της ζωής τους.

Οι περιορισμοί που υπήρξαν αναφορικά με το δείγμα ως προς το μέγεθος, την καταγραφή και ανάλυση διατροφικών δεδομένων και αθλητικού ιστορικού από την

παιδική ηλικία ως την πρώτη ενήλικη ζωή και τα δυο διαφορετικά επίπεδα εθνικών κατηγοριών, αποτελούν υπολογίσιμες προϋποθέσεις για περαιτέρω έρευνα.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά, ο στόχος της συγκεκριμένης μελέτης ήταν να εξετάσει την επίδραση της συμμετοχής στο άθλημα της πετοσφαίρισης σε γυναίκες αθλήτριες 20-30 ετών σε δείκτες οστικής κατάστασης και σύστασης σώματος. Στη βιβλιογραφία, είναι μικρός ο αριθμός των μελετών που υπάρχει αναφορικά με τη συμβολή της πετοσφαίρισης στις παραπάνω παραμέτρους για τη συγκεκριμένη ηλικιακή κατηγορία, τη συγκεκριμένη εθνικότητα και κατηγορία αθλητριών (πρώτη και δεύτερη εθνική κατηγορία). Επιπρόσθετα, αξιολογήθηκε και μια ομάδα ελέγχου, χωρίς ιστορικό άσκησης και φυσικής δραστηριότητας σε οστεογενή αθλήματα με σκοπό τη σύγκριση των δυο πειραματικών ομάδων.

Από τα αποτελέσματα φάνηκε πως οι αθλήτριες πετοσφαίρισης παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερες τιμές στην άλιπη μάζα της γυναικοειδούς περιοχής και των κάτω άκρων και κατά συνέπεια βέλτιστες τιμές οστικής μάζας στην γυναικοειδή περιοχή, τα κάτω άκρα και τη συνολική οστική μάζα σε σχέση με τον γενικό πληθυσμό. Το δεδομένο αυτό συμβάλλει επιπλέον στην υποστήριξη του συσχετισμού του αθλήματος της πετοσφαίρισης με την αύξηση της οστικής πυκνότητας κατά την περίοδο ανάπτυξης της μέγιστης οστικής μάζας και κατ' επέκταση την αποφυγή της οστεοπόρωσης και των οστικών καταγμάτων σε προχωρημένο στάδιο της ενήλικης ζωής.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αυλωνίτη, Α. (2020). Εισαγωγή στην Ανάπτυξη. Στο βιβλίο: *Παιδί, Προπόνηση, Υγεία*. 1^η έκδοση, Αφοί Κυριακίδη Εκδόσεις Α.Ε, Θεσσαλονίκη.
2. Agostinete, R.R., Fernandes, R.A., Narciso, P.H., Maillane-Vanegas, S., Werneck, A.O., & Vlachopoulos, D. (2020). Categorizing 10 Sports According to Bone and Soft Tissue Profiles in Adolescents. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 52(12), 2673–2681.
3. Aytar, H.S., Akarçesme, C., & Bakır, A.M. (2019). Rally length and rest time in women's volleyball. *International Journal of Applied Exercise Physiology*, 8(3), 82-88.
4. Bailey, C.A., & Brooke-Wavell, K. (2008). Exercise for optimising peak bone mass in women. *Proceedings of the Nutrition Society*, 67(1), 9–18.
5. Bellver, M., Ferrer-Roca, V., Del Rio, L., Jovell, E., Gomez-Chereguini, L., Drobnic, F., & Trilla, A. (2021). Bone variables and body composition in former artistic swimmers teams. Jump program effects during Covid-19 confinement: A randomized controlled study. *Apunts Sports Medicine*, 56(212), 100370. doi: 10.1016/j.apunsm.2021.100370
6. Bellver, M., Del Rio, L., Jovell, E., Drobnic, F., & Trilla, A. (2019). Bone mineral density and bone mineral content among female elite athletes. *Bone*, 127, 393-400.
7. Bergmann, P., Body, J.J., Boonen, S., Boutsen, Y., Devogelaer, J.P., Goemaere, S., & Rozenberg, S. (2011). Loading and Skeletal Development and Maintenance. *Journal of Osteoporosis*, 786752. doi:10.4061/2011/786752.
8. Bisch, K.L., Bosch, T.A., Carbuhn, A., Stanforth, P.R., Oliver, J.M., Bach, C.W., & Dengel, D.R. (2020). Positional Body Composition of Female Division I Collegiate Volleyball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(11), 3055-3061.
9. Borgström, F., Karlsson, L., Ortsäter, G., Norton, N., Halbout, P., & Kanis, J.A. (2020). Fragility fractures in Europe: burden, management and opportunities. *Archives of Osteoporosis*, 15(1), 59. doi: 10.1007/s11657-020-0706-y.
10. Carbuhn, A.F., Fernandez, T.E., Bragg, A.F., Green, J.S., & Crouse, S.F. (2010). Sport and Training Influence Bone and Body Composition in Women Collegiate Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1710–1717.
11. Carvalho, A., Roriz, P., & Duarte, D. (2020). Comparison of Morphological Profiles and Performance Variables between Female Volleyball Players of the First and Second Division in Portugal. *Journal of Human Kinetics*, 71(1), 109-117.
12. Calbet, J.A.L., Díaz Herrera, P., & Rodríguez, L.P. (1999). High Bone Mineral Density in Male Elite Professional Volleyball Players. *Osteoporosis International*, 10(6), 468–474.

13. 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.
14. Damilakis, J., Solomou, G., Manios, G.E., & Karantanas, A. (2013). Pediatric radiation dose and risk from bone density measurements using a GE Lunar Prodigy scanner. *Osteoporosis International*, 24(7), 2025–2031.
15. Di Vincenzo, O., Marra, M., Sammarco, R., Speranza, E., Cioffi, I., & Scalfi, L. (2020). Body composition, segmental bioimpedance phase angle and muscular strength in professional volleyball players compared to a control group. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 60(6), 870-4.
16. Dobrosielski, D.A., Leppert, K.M., Knuth, N.D., Wilder, J.N., Kovacs, L., & Lisman, P.J. (2019). Body Composition Values of Division 1 Female Athletes Derived from Dual-Energy X-Ray Absorptiometry. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(10), 2886-2893.
17. Dyba, W. (1982). Physiological and activity characteristics of volleyball. *Volleyball Technical Journal*, 6(3), 33-51.
18. Fehling, P.C., Alekel, L., Clasey, J., Rector, A., & Stillman, R.J. (1995). A comparison of bone mineral densities among female athletes in impact loading and active loading sports. *Bone*, 17(3), 205–210.
19. Ferretti, J., Capozza, R., Cointy, G., García, S., Plotkin, H., Alvarez Filgueira, M., & Zanchetta, J. (1998). Gender-Related Differences in the Relationship Between Densitometric Values of Whole-Body Bone Mineral Content and Lean Body Mass in Humans Between 2 and 87 Years of Age. *Bone*, 22(6), 683–690.
20. Fields, J.B., Merrigan, J.J., White, J.B., & Jones, M.T. (2018). Body Composition Variables by Sport and Sport-Position in Elite Collegiate Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(11), 3153-3159.
21. Gama, E., Kasuki, L., Paranhos-Neto, F., Madeira, M., Mendonça, L., Schtscherbyna, A., & Farias, M. (2021). Low Energy Availability Interferes With Exercise-Associated Bone Effects in Female Long-Distance Triathletes as Detected by HR-pQCT. *Journal of Clinical Densitometry*. 25(2), 160-167.
22. González-Ravé, J.M., Arija, A., & Clemente-Suarez, V. (2011). Seasonal Changes in Jump Performance and Body Composition in Women Volleyball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(6), 1492–1501.
23. Kambas, A., Leontsini, D., Avloniti, A., Chatzinikolaou, A., Stampoulis, T., Makris, K., Draganidis, D., Jamurtas, A., Tournis, S., & Fatouros, I. (2016). Physical activity may be a potent regulator of bone turnover biomarkers in healthy girls during

preadolescence. *The Japanese Society for Bone and Mineral Research and Springer Japan*, 35(6), 598-607.

24. Künstlinger, U., Ludwig, H., & Stegemann, J. (1987). Metabolic Changes During Volleyball Matches. *International Journal of Sports Medicine*, 08(05), 315–322.
25. Maïmoun, L., Coste, O., Philibert, P., Briot, K., Mura, T., Galtier, F., Mariano-Goulart, D., Paris, F., & Sultan, C. (2013). Peripubertal female athletes in high-impact sports show improved bone mass acquisition and bone geometry. *Metabolism*, 62(8), 1088–1098.
26. Malousaris, G.G., Bergeles, N.K., Barzouka, K.G., Bayios, I.A., Nassis, G.P., & Koskolou, M.D. (2008). Somatotype, size and body composition of competitive female volleyball players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11(3), 337-344.
27. Manzoni, P., Brambilla, P., Pietrobelli, A., Beccaria, L., Bianchessi, A., Mora, S., & Chiumello, G. (1996). Influence of body composition on bone mineral content in children and adolescents. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 64(4), 603-607.
28. Martín-Matillas, M., Valadés, D., Hernández-Hernández, E., Olea-Serrano, F., Sjöström, M., Delgado-Fernández, M., & Ortega, F.B. (2013). Anthropometric, body composition and somatotype characteristics of elite female volleyball players from the highest Spanish league. *Journal of Sports Sciences*, 32(2), 137–148.
29. Michalopoulou, M., Kambas, A., Leontsini, D., Chatzinikolaou, A., Draganidis, D., Avloniti, A., Tsoukas, D., Michopoulou, E., Lyritis, G.P., Papaioannou, N., Tournis, S.C., & Fatouros, I.G. (2013). Physical activity is associated with bone geometry of premenarcheal girls in a dose-dependent manner. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 62(12), 1811-8.
30. Mielgo-Ayuso, J., Calleja-González, J., Clemente-Suárez, V.J., & Zourdos, M.C. (2014). Influence of anthropometric profile on physical performance in elite female volleyballers in relation to playing position. *Nutrición Hospitalaria*, 31(2), 849-57.
31. Njeh, C.F., Fuerst, T., Hans, D., Blake, G.M., & Genant, H.K. (1999). Radiation exposure in bone mineral density assessment. *Applied Radiation and Isotopes*, 50(1), 215–236.
32. Rauch, F., Bailey, D.A., Baxter-Jones, A., Mirwald, R., & Faulkner, R. (2004). The “muscle-bone unit” during the pubertal growth spurt. *Bone*, 34(5), 771–775.
33. Sánchez-Moreno, J., Afonso, J., Mesquita, I., & Ureña, A. (2016). Dynamics between playing activities and rest time in high-level men’s volleyball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16(1), 317–331.
34. Sheppard, J.M., Gabbett, T.J., & Stanganelli, L.C.R. (2009). An Analysis of Playing Positions in Elite Men’s Volleyball: Considerations for Competition Demands and

- Physiologic Characteristics. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1858–1866.
35. Smith, D.J., Roberts, D., & Watson, B. (1992). Physical, physiological and performance differences between canadian national team and universiade volleyball players. *Journal of Sports Sciences*, 10(2), 131–138.
 36. Stanforth, D., Lu, T., Stults-Kolehmainen, M.A., Crim, B.N., & Stanforth, P.R. (2016). Bone Mineral Content and Density Among Female NCAA Division I Athletes Across the Competitive Season and Over a Multi-Year Time Frame. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(10), 2828–2838.
 37. Stanforth, P.R., Crim, B.N., Stanforth, D., & Stults-Kolehmainen, M.A. (2014). Body Composition Changes Among Female NCAA Division 1 Athletes Across the Competitive Season and Over a Multiyear Time Frame. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 300–307.
 38. Tenforde, A.S., Carlson, J.L., Sainani, K.L., Chang, A.O., Kim, J.H., Golden, N.H., & Fredericson, M. (2018). Sport and Triad Risk Factors Influence Bone Mineral Density in Collegiate Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50(12), 2536-2543.
 39. Troy, K.L., Mancuso, M.E, Butler, T.A., & Johnson, J.E. (2018). Exercise Early and Often: Effects of Physical Activity and Exercise on Women’s Bone Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(5), 878. doi: 10.3390/ijerph15050878.
 40. Tsoukos, A., Drikos, S., Brown, L.E., Sotiropoulos, K., Veligekas, P., & Bogdanis, G.C. (2018). Upper and Lower Body Power are Strong Predictors for Selection of Male Junior National Volleyball Team Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(10), 2760-2767.
 41. Vlachopoulos, D., Barker, A.R., Guisado, U.E., Williams, C.A., & Marco, G.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. doi: 10.1007/s11657-018-0543-4.
 42. Vlachopoulos, D., Guisado, U.E., Barker, A.R., Metcalf, B.S., Fatouros, I.G., Avloniti, A., Knapp, K.M., Moreno, L.A., Williams, C.A., & Marco, G.L. (2017). Determinants of bone outcomes in adolescent athletes at baseline: The PRO-BONE Study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49(7), 1389-1396.
 43. WHO (2013). Global Health Observatory Data Repository [online database]. Geneva, World Health Organization, (<http://apps.who.int/gho/data/view.main>, accessed 21 May 2013).
 44. Zacher, J., Blome, I., Schenk, A., & Gorr, E. (2020). Cardiac adaptations in elite female football- and volleyball-athletes do not impact left ventricular global strain values: a

speckle tracking echocardiography study. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*, 36(6), 1085-1096.