

**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:

**ΠΕΡΙΟΔΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΩΜΑΤΟΣ, ΟΣΤΙΚΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ
ΒΙΟΧΗΜΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΣΕ ΑΘΛΗΤΗ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΩΜΑΤΟΔΟΜΗΣΗΣ**

ΤΟΥ
Μιχαηλίδη Κωνσταντίνου (ΑΕΜ: 13006)

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Επιβλέπων Καθηγητής :

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

2^ο Μέλος Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Σμήλιος Ηλίας,
Αναπληρωτής Καθηγητής,
Τ.Ε.Φ.Α.Α.- Σ.Ε.Φ.Α.Α.-Δ.Π.Θ.

3^ο Μέλος Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

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

Κομοτηνή, 2022

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέπων καθηγητή κ. Χατζηνικολάου Αθανάσιο για την εμπιστοσύνη που έδειξε προς το πρόσωπό μου και τη στήριξη του καθ' όλη τη διάρκεια της ερευνητικής μου προσπάθειας.

Επίσης, ευχαριστώ τα μέλη της επιτροπής, τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Σμήλιο Ηλία και την Επίκουρη Καθηγήτρια κα. Αυλωνίτη Αλεξάνδρα, οι οποίοι δέχτηκαν να συμβάλλουν στην εκπόνηση της μεταπτυχιακής διατριβής μου, καθώς και τον Υποψήφιο Διδάκτορα κ. Μπαλαμπάνο Δημήτριο ο οποίος ήταν παρόν όποτε τον χρειαζόμουν στις εργαστηριακές μετρήσεις.

Τέλος, οφείλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και όλο το στενό μου κύκλο, οι οποίοι με στήριξαν όλα αυτά τα χρόνια, από τις προπτυχιακές σπουδές μέχρι σήμερα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μιχαηλίδης Κωνσταντίνος: Περιοδική αξιολόγηση σύστασης σώματος, οστικής πυκνότητας και βιοχημικών δεικτών σε αθλητή φυσικής σωματοδομησης

(Με την επίβλεψη του Αναπληρωτή Καθηγητή Χατζηνικολάου Αθανάσιου)

Η φυσική σωματοδόμηση αποτελεί ένα άθλημα όπου οι αθλητές αξιολογούνται για την σωματική τους εμφάνιση λαμβάνοντας υπόψη την μυικότητα, τη συμμετρία μυικής ανάπτυξης και το μειωμένο σωματικό λίπος. Στη παρούσα μελέτη περίπτωσης αξιολογήθηκε η σύσταση σώματος και οι βιοχημικές παραμέτρους που επηρεάζονται κατά τη διάρκεια της προαγωνιστικής περιόδου 7 μηνών σε αθλητή που ακολουθεί πρόγραμμα προπόνησης σύμφωνα με τις οδηγίες της προπόνησης σωματοδόμησης και υποθερμιδική διατροφή έχοντας στόχο τη μεγιστοποίηση των αποτελεσμάτων. Με τις οδηγίες των επιστημόνων και έχοντας ως στόχο τη μείωση 0,5-0,6 γρ/κιλό σωματικού βάρους την εβδομάδα, ο αθλητής κατέγραφε τη διατροφή του σε εβδομαδιαίες ανακλήσεις, κατέγραφε τα προπονητικά του περιεχόμενα και τη φυσικής δραστηριότητα καθημερινά. Αξιολογήθηκε σε παραμέτρους σύστασης σώματος, βιοχημικές παραμέτρους και απόδοσης στην αρχή της προετοιμασίας κατά την 1η, 15η, και 31η εβδομάδα. Στα αποτελέσματα διαπιστώθηκε σταδιακή μείωση από τις 2789 στις 2064 θερμίδες και αύξηση των βημάτων από 5795 σε 19523. Η λιπώδης μάζα μειώθηκε από 17,91 σε 13,09 και 4,2 κιλά τη στιγμή που η άλιπη σωματική μάζα μειώθηκε από 69,97 σε 68,22 και 66,71 κιλά αντίστοιχα. Η τεστοστερόνη μεταβλήθηκε από 5,4 ng/ml σε 5,3 ng/ml και 4,4 ng/ml ενώ η κορτιζόλη μεταβλήθηκε από 21,3 μg/dl σε 20,3 μg/dl και 24,4 μg/dl, αντίστοιχα. Η οστική πυκνότητα μειώθηκε γραμμικά και η μάζα των οστών μειώθηκε σε μεγαλύτερο βαθμό από την 15^η στην 31^η εβδομάδα. Συμπερασματικά, η διαρκής προετοιμασία του αθλητή και η εβδομαδιαία ανατροφοδότηση βελτίωσαν αισθητά τη σύσταση του σώματος. Ωστόσο, αν και παρατηρήθηκαν ήπιες, αρνητικές επιπτώσεις στη συγκέντρωση ορμονών και την οστική κατάσταση αυτές ήταν πάντα εντός των φυσιολογικών τιμών.

Λέξεις κλειδιά: σωματοδόμηση, σύσταση σώματος

ABSTRACT

Michailidis Konstantinos: Periodic assessment of body composition, bone density and biochemical markers in a natural bodybuilding athlete

(Under the supervision of Associate Professor Athanasios Chatzinikolaou)

Natural bodybuilding is a sport where athletes are assessed for their physical appearance considering muscularity, symmetry of muscle development and reduced body fat. In the present case study, body composition and biochemical parameters that affected during the 7-month pre-competition period in an athlete were evaluated following a training program according to the guidelines of bodybuilding training and hypocaloric diet aiming to maximize the results. Following the scientists' guidelines and aiming to reduce 0,5-0,6 g/kg body weight per week, the athlete recorded his diet in weekly recalls, recorded his training contents and physical activity daily. He was evaluated on body composition, biochemical parameters and performance parameters at 1st, 15th and 31st week. The results showed a gradual decrease from 2789 to 2064 calories and an increase in steps from 5795 to 19523. Fat mass decreased from 17,91 to 13,09 and 4,2 kg while lean body mass decreased from 69,97 to 68,22 and 66,71 kg respectively. Testosterone changed from 5,4 ng/ml to 5,3 ng/ml and 4,4 ng/ml while cortisol changed from 21,3 µg/dl to 20,3 µg/dl and 24,4 µg/dl, respectively. Bone density decreased linearly, and bone mass decreased to a greater extent from 15th to 31st week. In conclusion, prolonged athlete's preparation, and weekly feedback significantly improved body composition. However, although mild, negative effects on hormone concentration and bone status were observed, these were always within normal values.

Key words: bodybuilding, body composition

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ABSTRACT.....	4
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	8
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1. Η Φυσική Σωματοδόμηση ως άθλημα.....	10
1.2. Διατροφή και ενεργειακό ισοζύγιο.....	11
1.3. Μεγιστοποίηση μυικής υπερτροφίας.....	13
1.4. Μεταγωνιστική περίοδος αποκατάστασης.....	14
1.5. Αναγκαιότητα διεξαγωγής της έρευνας.....	14
1.6. Σκοπός της έρευνας.....	15
1.7. Περιορισμοί και οριοθετήσεις.....	15
1.8. Ορισμοί και συντομογραφίες.....	15
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	17
2.1. Δείγμα.....	17
2.2. Πειραματικός σχεδιασμός.....	17
2.3. Εξαρτημένες-Ανεξάρτητες μεταβλητές.....	18
2.4. Περιγραφή μετρήσεων και οργάνων μέτρησης.....	19
2.4.1. Διατροφική καθοδήγηση και ανακλήσεις.....	19
2.4.2. Αξιολόγηση προπονητικού πλάνου.....	19
2.4.3. Αξιολόγηση μυικής αντοχής στο άνω και κάτω μέρος του σώματος.....	19
2.4.4. Καταγραφή κατακόρυφου άλματος.....	19
2.4.5. Αξιολόγηση σύστασης σώματος και της οστικής πυκνότητας με τη μέθοδο απορροφησιομετρίας ακτινών Χ διπλής ενέργειας (DXA).....	20

2.4.6.Αξιολόγηση της οστικής πυκνότητας με τη μέθοδο απορροφησιμετρίας ακτινών Χ διπλής ενέργειας (DXA)	20
2.4.7.Αξιολόγηση της γωνίας φάσης με τη μέθοδο βιοηλεκτρικής εμπέδησης(BIA).....	20
2.4.8. Αξιολόγηση των βιοχημικών δεικτών.....	21
2.5. Στατιστική ανάλυση.....	21
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	22
3.1. Καταγραφή όγκου προπόνησης με την μορφή ποσότητας των σετ.....	23
3.2. Καταγραφή ποσοστιαίου εύρους επαναλήψεων ανά μεσόκυκλο.....	25
3.3. Περιοδική αξιολόγηση μυικής αντοχής άνω και κάτω μέρους του σώματος.....	26
3.4. Περιοδική αξιολόγηση του κάθετου άλματος (Countermovement jump).....	28
3.5. Περιοδική αξιολόγηση της καρδιακής συχνότητας ηρεμίας και του κορεσμού οξυγόνου ηρεμίας.....	29
3.6. Περιοδική αξιολόγηση του σωματικού βάρους.....	30
3.7. Περιοδική αξιολόγηση της θερμιδικής πρόσληψης και ημερήσιας πρόσληψης πρωτεΐνης.....	31
3.8. Περιοδική αξιολόγηση της φυσικής δραστηριότητας.....	33
3.9. Περιοδική αξιολόγηση της σύστασης του σώματος με DXA.....	35
3.10. Αξιολόγηση της σύστασης σώματος 2 εβδομάδες μετά τον αγώνα.....	37
3.11. Περιοδική αξιολόγηση της γωνίας φάσης μέσω BIA.....	38
3.12. Περιοδική αξιολόγηση της μάζας των οστών και της οστικής πυκνότητας.....	39
3.13. Περιοδική αξιολόγηση της ολικής τεστοστερόνης και κορτιζόλης ορού.....	41
3.14. Περιοδική αξιολόγηση της ελεύθερης τριωδοθυρονίνης και ελεύθερης θυροξίνης.....	42
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	43
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	48
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	49

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.	Εβδομαδιαία ποσότητα των σετ ανά μυϊκή ομάδα στην αρχή και τέλος των μεσόκυκλων που διανύουν τις χρονικές στιγμές αναφοράς.....	24
Πίνακας 2.	Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση στις εβδομάδες αναφοράς της μυϊκής αντοχής άνω και κάτω μέρους.....	26
Πίνακας 3.	Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση στις εβδομάδες αναφοράς του κάθετου άλματος με υποχωρητική φάση και ελεύθερη κίνηση χεριών (Countermovement Jump – CMJ).....	28
Πίνακας 4.	Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση στις εβδομάδες αναφοράς των καρδιακής συχνότητας ηρεμίας και του κορεσμού του οξυγόνου.....	29
Πίνακας 5.	Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση στις εβδομάδες αναφοράς του σωματικού βάρους.....	30
Πίνακας 6.	Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση της θερμοδικής πρόσληψης και ημερήσιας πρόσληψης πρωτεΐνης ανά κιλό σωματικού βάρους.....	31
Πίνακας 7.	Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση των ημερήσιων βημάτων και του μέσου μηνιαίου όγκου προπόνησης.....	33
Πίνακας 8.	Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση της σύστασης του σώματος.....	35
Πίνακας 9.	Ποσοστιαία μεταβολή σύστασης σώματος από την 31 ^η εβδομάδα έως 2 εβδομάδες μετά τον αγώνα.....	37
Πίνακας 10.	Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση της γωνίας φάσης.....	38
Πίνακας 11.	Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση της μάζας των μετάλλων των οστών και της οστικής πυκνότητας.....	39
Πίνακας 12.	Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση της Ολικής Τεστοστερόνης και Κορτιζόλης Ορού.....	41
Πίνακας 13.	Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση της Ελεύθερης Τριωδοθυρονίνης και Ελεύθερης Θυροξίνης.....	42

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.	Ατομικά δεδομένα του ποσοστιαίου εύρους επαναλήψεων που χρησιμοποιήθηκε ανά μεσόκυκλο.....	25
Σχήμα 2.	Ατομικά δεδομένα μυικής αντοχής άνω και κάτω μέρους του σώματος σε σχέση με το χρόνο.....	27
Σχήμα 3.	Ατομικά δεδομένα κατακόρυφου άλματος με υποχωρητική φάση και τα χέρια ελεύθερα σε σχέση με το χρόνο.....	27
Σχήμα 4.	Ατομικά δεδομένα μυικής αντοχής άνω και κάτω μέρους του σώματος σε σχέση με το χρόνο εκφρασμένα με λόγο επαναλήψεων / άλιπης μάζας.....	28
Σχήμα 5.	Ατομικά δεδομένα κορεσμού οξυγόνου ηρεμίας και καρδιακής συχνότητας ηρεμίας σε σχέση με το χρόνο.....	29
Σχήμα 6.	Ατομικά δεδομένα του μέσου εβδομαδιαίου σωματικού βάρους σε σχέση με τον χρόνο.....	30
Σχήμα 7.	Ατομικά δεδομένα του μέσου εβδομαδιαίου σωματικού βάρους σε σχέση με τον χρόνο.....	32
Σχήμα 8.	Ατομικά δεδομένα της μέσης εβδομαδιαίας κατανάλωσης μακροθρεπτικών στοιχείων.....	32
Σχήμα 9.	Ατομικά δεδομένα της μέσης εβδομαδιαίας φυσικής δραστηριότητας μέσω βημάτων σε σχέση με τον χρόνο.....	34
Σχήμα 10.	Ατομικά δεδομένα της σωματικής μάζας, λιπώδης μάζας και άλιπης μάζας σε σχέση με τον χρόνο.....	36
Σχήμα 11.	Ατομικά δεδομένα σύστασης σώματος 2 εβδομάδες μετά τον αγώνα.....	37
Σχήμα 12.	Ατομικά δεδομένα γωνίας φάσης σε σχέση με το χρόνο.....	38
Σχήμα 13.	Ατομικά δεδομένα της οστικής μάζας σε σχέση με το χρόνο.....	40
Σχήμα 14.	Ατομικά δεδομένα της οστικής πυκνότητας σε σχέση με το χρόνο.....	40
Σχήμα 15.	Ατομικά δεδομένα ολικής τεστοστερόνης και της κορτιζόλης ορού σε σχέση με το χρόνο.....	41
Σχήμα 16.	Ατομικά δεδομένα ελεύθερης τριιωδοθυρονίνης (FT3) και ελεύθερης θυροξίνης (FT4) σε σχέση με το χρόνο.....	42

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Η Φυσική Σωματοδόμηση ως άθλημα

Η φυσική σωματοδόμηση, ευρέως γνωστή ως «natural bodybuilding» αποτελεί ένα ανερχόμενο άθλημα με συνεχώς αυξανόμενο αριθμό συμμετεχόντων όπου οι αθλητές κρίνονται για την σωματική τους εικόνα (Lambert et al., 2004). Ο σκοπός του συγκεκριμένου αθλήματος εξαρτάται από τις επιμέρους κατηγορίες του με γενικά χαρακτηριστικά την αυξημένη μυϊκή μάζα, το χαμηλό ποσοστό λίπους και τη συμμετρία (Iraki et al., 2019; Robinson et al., 2015). Οι αθλητές επιδιώκουν τη μεγιστοποίηση της σωματικής σύστασης κατά τη διάρκεια της προαγωνιστικής περιόδου, η οποία συνοδεύεται από υποθερμιδική διατροφή και συγκεκριμένα αναφερόμαστε στην μέγιστη δυνατή διατήρηση της μυϊκής μάζας με την όσο δυνατόν μεγαλύτερη μείωση λίπους. Στους αθλητές φυσικής σωματοδόμησης, η μυϊκή μάζα είναι πολύ σημαντικός παράγοντας και για αυτό το λόγο μία στρατηγική που επιλέγουν οι αθλητές είναι μεγαλύτερης διάρκειας δίαιτες με σχετικά μειωμένο ρυθμό μείωσης λίπους, ώστε να διασφαλιστεί η μυϊκή μάζα (Helms et al., 2014). Οι αθλητές ακολουθούν μία μεγάλη περίοδο «off-season» σε ενεργειακό πλεόνασμα, η οποία σκοπό έχει την αύξηση της μυϊκής μάζας και την ελαχιστοποίηση της αύξησης του λιπώδους ιστού (Iraki et al., 2019). Κατά τη διάρκεια του «off-season», και εφόσον είχε προηγηθεί αγωνιστική προετοιμασία σε παρατεταμένο θερμιδικό έλλειμμα, η τεστοστερόνη, η λεπτίνη και η οιστραδιόλη αυξάνονται προς τα αρχικά επίπεδα (Hulmi et al., 2016). Η φάση που επέρχεται είναι η «προαγωνιστική περίοδος», η οποία χαρακτηρίζεται από θερμιδικό έλλειμμα και σκοπό έχει τη μείωση του σωματικού λίπους με την μέγιστη δυνατή διατήρηση της μυϊκής μάζας (Iraki et al., 2019; Robinson et al., 2015), ενώ τα επίπεδα των ορμονών όπως είναι η τεστοστερόνη μπορεί να επηρεαστούν αρνητικά (Mitchell et al., 2018; Mero et al., 2010; Rossow et al., 2013) και παράλληλα να αυξηθεί η κορτιζόλη (Pardue et al., 2017). Οι επιπτώσεις της παρατεταμένης υποθερμιδικής διατροφής δεν περιορίζονται στο ορμονικό προφίλ καθώς έχει φανεί ότι συμβαίνει θερμογεννητική προσαρμογή και ο μεταβολισμός μειώνεται (Camps et al., 2013). Όσον αφορά το οστό, η άσκηση κατά τη διάρκεια υποθερμιδικής διατροφής καταφέρνει να διασφαλίσει περισσότερο την ακεραιότητα της οστικής πυκνότητας σε αντίθεση με την δίαιτα χωρίς άσκηση αντιστάσεων (Mesinovic et al., 2021) αλλά σε απόλυτες τιμές η μείωση του βάρους μπορεί να αποτελέσει αρνητικό

παράγοντα (Compston et al., 1992; Hinton et al., 2012). Για τον πληθυσμό των αθλητών σωματοδόμησης δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα για την οστική πυκνότητα.

1.2. Διατροφή και ενεργειακό ισοζύγιο

Το ενεργειακό ισοζύγιο αποτελεί τον κύριο παράγοντα μεταβολής του σωματικού βάρους και αναφέρεται στην ενεργειακή κατάσταση όπου η προσλαμβανόμενη ενέργεια είναι ίση με την ενέργεια που δαπανάται από τον οργανισμό και η ιδέα βασίζεται στον πρώτο νόμο της θερμοδυναμικής όπου δηλώνει ότι η ενέργεια μπορεί να μετατραπεί από μία μορφή στην άλλη αλλά δεν μπορεί να δημιουργηθεί ή να καταστραφεί (Hill et al., 2013). Ένα θετικό θερμιδικό ισοζύγιο θα οδηγούσε σε αποθήκευση ενέργειας και κατ' επέκταση σε αύξηση του σωματικού βάρους μακροχρόνια, ενώ ένα αρνητικό θερμιδικό ισοζύγιο θα απέβαλλε αποθηκευμένη ενέργεια από τον οργανισμό και θα οδηγούσε σε μείωση. Ο αθλητής κατά τη διάρκεια της προαγωνιστικής περιόδου βρίσκεται σε ενεργειακό έλλειμμα στο μεγαλύτερο μέρος της με πιθανές ενεργειακές τροφοδοτήσεις ανά διαστήματα που φτάνουν τις θερμίδες συντήρησης τις περισσότερες φορές. Αυτή η «διακοπή» από το ενεργειακό έλλειμμα με περιοδική αύξηση της ενεργειακής πρόσληψης μέσω υδατανθράκων μπορεί να βοηθήσει να επιβραδύνει τις αρνητικές συνέπειες της παρατεταμένης δίαιτας όπως η μείωση της μυϊκής μάζας και η αυξημένη πείνα (Campbell et al., 2020; Peos et al., 2021). Ένα θεωρητικό μοντέλο που έχει αναπτυχθεί από τον Wishnofsky (1958) προτείνει ότι η αύξηση ή μείωση του σωματικού βάρους κατά 1 κιλό απαιτεί πλεόνασμα ή έλλειμμα κατά 7700 θερμίδες, αντίστοιχα. Στην πραγματικότητα, σε έναν αθλητή η μέτρηση του συνολικού μεταβολισμού δεν είναι μία εύχρηστη πρακτική ώστε να υπολογιστεί και η προσαρμογή που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της υποθερμιδικής διατροφής. Για αυτό το λόγω, χρήζει αναγκαία η καθημερινή ζύγιση του αθλητή και σε συνδυασμό με την ενεργειακή πρόσληψη και την φυσική δραστηριότητα γίνονται οι κατάλληλες τροποποιήσεις. Ο πιο σημαντικός παράγοντας για την αλλαγή της σύστασης του σώματος είναι το θερμιδικό ισοζύγιο. Οι ασκούμενοι και όσοι έχουν στόχο τη μείωση του σωματικού τους λίπους ακολουθούν διάφορους τύπους δίαιτας, αλλά γίνεται σαφές ότι δεν υπερισχύει μία συγκεκριμένη, καθώς είναι ιδιαίτερα σημαντικό η δίαιτα να βασίζεται στις προτιμήσεις του ασκούμενου με στόχο τη συνέπεια στο πλάνο και να δημιουργεί ένα αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο (Freire, 2020; Mitchell et al., 2018). Όπως έχει φανεί και από τους Wrzosek et al. (2021) διαφορετικά μακροθρεπτικά στοιχεία

υδατανθράκων και λιπών με ίση πρόσληψη ενέργειας και πρωτεΐνης έχουν παρόμοια αποτελέσματα. Οι έρευνες όσον αφορά τη μεγιστοποίηση στη διατροφή συνοψίζονται στην υψηλή πρωτεϊνική πρόσληψη κατά τη διάρκεια της υποθερμιδικής διατροφής, η οποία κυμαίνεται σε μεγάλο εύρος (Cava et al., 2017). Σε υγιείς ασκούμενους οι οποίοι βρίσκονται σε θερμιδική ισορροπία, η κατανάλωση πρωτεΐνης πέρα από τα 1,6 γρ/κιλό σωματικού βάρους (σ.β.) την ημέρα δεν προσφέρει επιπλέον οφέλη (Morton et al., 2018), ενώ οι Stokes et al. (2018) οι οποίοι εξέτασαν άτομα που βρίσκονται σε δίαιτα αναφέρουν οφέλη σε ποσότητες της τάξης 2,3-3,1 γρ/κιλό άλιπης σωματικής μάζας/ημέρα. Αντίστοιχα, σε απόλυτες τιμές σωματικού βάρους οι Roberts et.al. (2020) αναφέρουν ένα εύρος της τάξης 1,8-2,7 γρ/κιλό σωματικού βάρους/ημέρα. Θετικά αποτελέσματα δείχνουν και οι προσλήψεις της τάξης 3,4 γρ/κιλό/ημέρα (Antonio et.al., 2015). Οι μηχανισμοί της αυξημένης πρωτεΐνης στη σύσταση του σώματος, πέρα από την ιδιότητα τους ως δομικοί λίθοι των μυών, επικεντρώνονται στον αυξημένο κορεσμό, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο την επιπλέον πρόσληψη ενέργειας (Pesta & Samuel, 2014) και στην αυξημένη θερμογένεση των πρωτεϊνών σε σχέση με τα υπόλοιπα μακροθρεπτικά στοιχεία (Sutton et al., 2016). Οι υδατάνθρακες και τα λίπη είναι εξίσου σημαντικά για έναν αθλητή μιας και οι πρώτοι είναι η κύρια πηγή ενέργειας για τις ασκήσεις αντιστάσεων και τα λίπη συμβάλλουν στην ορμονική λειτουργία (Minguez-Alarcón et al., 2017), με τα λιπαρά να καλύπτουν το 15-30% της ημερήσιας προσλαμβανόμενης ενέργειας και οι υδατάνθρακες το 30-40% (Helms et al., 2014). Μία ακόμα σημαντική παράμετρος που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι ο ρυθμός μείωσης του βάρους μιας και έχει βρεθεί ότι η ραγδαία μείωση του επιφέρει μεγαλύτερη μείωση στη μυϊκή δύναμη (Jlil et al., 2013) και μεγαλύτερη απώλεια μυϊκής μάζας (Helms et al., 2015; Ashtary-Larky et al., 2017) και για αυτό το λόγο προτείνεται μείωση 0,5-1% του σωματικού βάρους ανά εβδομάδα (Helms et al., 2014).

1.3. Μεγιστοποίηση μυϊκής υπερτροφίας

Οι αθλητές σωματοδόμησης επικεντρώνονται κατά βάση στη προπόνηση μυϊκής υπερτροφίας. Ο Schoenfeld (2010) αναφέρει τους εξής 3 παράγοντες που την επηρεάζουν: η μηχανική τάση, το μεταβολικό στρες και η μυϊκή βλάβη, οι οποίοι συνυπάρχουν και ενεργοποιούνται σε διαφορετικό βαθμό ανάλογα το είδος προπόνησης. Σε μοριακό επίπεδο, η πρωτεϊνική κινάση mTOR (στόχος ραπαμυκίνης των θηλαστικών) κατέχει κεντρικό ρόλο στη ρύθμιση τόσο της πρωτεϊνικής σύνθεσης όσο και της ριβοσωματικής

βιογένεσης μέσω ορμονών και αυξητικών παραγόντων που δρουν θετικά στη μυϊκή ανάπτυξη (Schiaffino et al., 2021).

Όσον αφορά το προπονητικό ερέθισμα, κύριος παράγοντας της μυϊκής υπερτροφίας είναι η ποσότητα της επιβάρυνσης (Schoenfeld et al., 2017; Schoenfeld et al., 2019), η οποία θα πρέπει να συνοδεύεται από σταδιακή υπερφόρτωση (Israetel et al., 2020). Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι προπονήσεις μέχρι εξάντλησης με διαφορετικά φορτία, επιφέρουν παρόμοια αποτελέσματα (Mitchell et al., 2012), ενώ έχουν διαφορετική ποσότητα επαναλήψεων*σετ*φορτίο και ότι τα ερεθίσματα υπερτροφίας διαφέρουν από τις πρώτες σε σχέση με τις τελευταίες επαναλήψεις (Helms et al., 2016), κατανοούμε ότι η μυϊκή υπερτροφία είναι πολυπαραγοντικό θέμα και ο πιο σημαντικός παράγοντας στην εξίσωση της ποσότητας είναι τα σετ (Israetel et al., 2020). Οι Eneko et al. (2021) αναφέρουν ότι τα σετ σαν μέτρηση της ποσότητας μπορεί να είναι αξιόπιστος παράγοντας σε προχωρημένους ασκούμενους όπου προπονούνται μέχρι ή κοντά στην εξάντληση. Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η ένταση της προπόνησης μπορεί να καλύπτει ένα μεγάλο εύρος που θα αντιστοιχεί από τις 8-12 επαναλήψεις έως και τις 25-35 επαναλήψεις με την προϋπόθεση ότι τα σετ θα σταματούν κοντά στην εξάντληση (Schoenfeld et al., 2015). Όπως αναφέρουν και οι Lopez et al. (2021), η ένταση της άσκησης και η υπερτροφία είναι ανεξάρτητοι παράγοντες αλλά σύμφωνα με τους Schoenfeld et al. (2021) η ένταση θα πρέπει να αντιστοιχεί σε τουλάχιστον 30% της 1 μέγιστης επανάληψης. Οι Grgic and Schoenfeld (2018) αναφέρουν ότι οι μυϊκές ίνες προσαρμόζονται ανάλογα το φορτίο όπου χαμηλότερο φορτίο περισσότερων επαναλήψεων θα αύξανε κυρίως την υπερτροφία στις μυϊκές ίνες τύπου I, ενώ υψηλότερο φορτίο χαμηλότερων επαναλήψεων θα αύξανε κυρίως την υπερτροφία στις μυϊκές ίνες τύπου II.

Από τα παραπάνω ευρήματα, η εφαρμογή ενός μεγάλου εύρους επαναλήψεων, θα ωφελούσε στην μυϊκή ανάπτυξη. Όσον αφορά τον περιορισμό της προπόνησης, ενώ ο μη γραμμικός περιορισμός έχει δείξει ότι αυξάνει τη μυϊκή δύναμη (Kraemer et al., 2003), στην μυϊκή υπερτροφία τα αποτελέσματα είναι αμφιλεγόμενα (Evans, 2019). Η εφαρμογή περιορισμού με σκοπό την μυϊκή ανάπτυξη μελετήθηκε και από τους Schoenfeld et al. (2016) όπου μια μη γραμμική περιοδική χρήση του εύρους των επαναλήψεων -1η ημέρα 2-4 επαναλήψεις, 2η ημέρα 8-12 επαναλήψεις, 3η ημέρα 20-30 επαναλήψεις- παρόλο που δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τη χρήση 8-12 επαναλήψεων καθ' όλη τη διάρκεια της παρέμβασης 8 εβδομάδων, υπήρχε θετική κλίση προς την περιοδική

μέθοδο. Χρειάζονται περισσότερα δεδομένα μεγαλύτερης διάρκειας καθώς η αξιολόγηση της μυϊκής μάζας διαφέρει ανάλογα την μέθοδο που θα επιλεγεί. Η εγκάρσια διατομή του μυός μπορεί να αυξάνεται στις πρώτες 4 προπονητικές μονάδες, αλλά αυτή η αύξηση προέρχεται κυρίως από το οίδημα λόγω της μυϊκής καταστροφής. Έπειτα από 18 προπονητικές μονάδες τα δεδομένα της πραγματικής υπερτροφίας είναι πιο έγκυρα (Damas et al., 2018). Σε άλλη έρευνα των Schoenfeld et al. (2019) όσον αφορά τη ποιότητα των σετ 12-28 εβδομαδιαία σετ έδειξαν μεγαλύτερη υπερτροφία από ότι τα 3-7 και 6-14, ενώ οι Barbalho et al. (2020) αναφέρουν ότι 5-10 σετ αρκούν για τα μέγιστα ωφέλησε προχωρημένες αθλήτριες. Το ερώτημα που προκύπτει πλέον είναι αν υπάρχει ένα ξεκάθαρο κατώφλι ενεργοποίησης των μηχανισμών της υπερτροφίας και ένα ταβάνι επαρκούς ποσότητας ή βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σε ατομικά χαρακτηριστικά. Σε έρευνα των Ahtiainen et al. (2016), το δείγμα ανταποκρίθηκε διαφορετικά στις ασκήσεις αντιστάσεων κατατάσσοντας το σε ανταποκρινόμενους (responders) και μη ανταποκρινόμενους (non-responders), συμπεραίνοντας ότι τα ερεθίσματα στο ίδιο πλάνο μπορεί να διαφέρουν από άτομο σε άτομο.

Από τα παραπάνω προκύπτει η αναγκαιότητα της συχνής παρακολούθησης των αθλητών με στόχο να βρεθεί η κατάλληλη ποσότητα προπόνησης όπου απαιτείται για την μυϊκή τους υπερτροφία και σε ποια ποσότητα προπόνησης η κόπωση αυξάνεται σε βαθμό που παρεμποδίζει την πρόοδο του αθλητή. Οι Israel et al. (2020) αναφέρουν τις παραπάνω ποσότητες ως ελάχιστη αποτελεσματική δόση προπόνησης (MEV-minimum effective volume) και μέγιστη δόση προπόνησης από την οποία υπάρχει ανάρρωση (MRV-maximum recoverable volume) και για τους περισσότερους ασκούμενους αντιστοιχούν σε 2-12 σετ ανά μυϊκή ομάδα ανά προπόνηση με 2-4 προπονήσεις την εβδομάδα. Ποσότητα μικρότερη από το MEV, δεν θα δώσει το απαραίτητο ερέθισμα υπερτροφίας ώστε να αυξηθεί η μυϊκή μάζα και αντίστοιχα ποσότητα μεγαλύτερη από το MRV θα επιφέρει πιθανόν αυξημένη κόπωση και κατ' επέκταση θα δράσει αρνητικά στη προοδευτικότητα της προπόνησης. Όσον αφορά το διάλειμμα ανάμεσα από τα σετ και το μικρό (<1') και το μεγάλο (>1') έχουν οφέλη στη μυϊκή ανάπτυξη με τους προχωρημένους ασκούμενους να ωφελούνται λίγο παραπάνω από το μεγάλο διάλειμμα (Grgic et al. 2017). Οι Schoenfeld et al. (2016) εξέτασαν το 1' και τα 3' διάλειμμα ανάμεσα από τα σετ σε προχωρημένους ασκούμενους και έδειξαν ότι το μεγαλύτερο διάλειμμα επέφερε περισσότερη μυϊκή μάζα με πιθανή εξήγηση την ανεπαρκή αποκατάσταση του κεντρικού νευρικού συστήματος

κατά τη διάρκεια μικρού διαλείμματος και κατ' επέκταση την μειωμένη ικανότητα ενεργοποίησης όλων των κινητικών μονάδων. Τα παραπάνω ευρήματα επιβεβαιώνουν και οι Israetel et al. (2020) όπου αναφέρουν ότι μετά από μικρό διάλειμμα ο ασκούμενος ίσως δεν έχει ανακάμψει από τη τοπική μυϊκή κόπωση, την κόπωση των συναγωνιστών μυών, την κεντρική νευρική κόπωση και την καρδιοαναπνευστική κόπωση.

1.4. Μεταγωνιστική περίοδος αποκατάστασης

Κατά την περίοδο αποκατάστασης του αθλητή μετά τους αγώνες, οι τιμές των φυσιολογικών παραμέτρων τείνουν να επανέλθουν. Αρκετές φορές η συγκεκριμένη επιλογή είναι ηθελημένη μιας και ένα περιβάλλον με φυσιολογικές τιμές προσφέρει καλύτερες συνθήκες για αύξηση της μυϊκής μάζας. Παρ' όλα αυτά υπάρχουν συχνά φαινόμενα ανεξέλεγκτης υπερφαγίας τα οποία απορρέουν από τις στρεσογόνες συνθήκες που υπέπεσαν οι αθλητές τόσο σε φυσιολογικά επίπεδα όσο και ψυχολογικά (Davidson et al., 2015). Αρκετοί αθλητές ακολουθούν μια πιο ήπια προσέγγιση μετά τον αγώνα, ακόμα και προσθήκη 8-10 κιλών σε 3 εβδομάδες σε μία περίπτωση αλλά κοινό χαρακτηριστικό που ανέφεραν ήταν οι αρνητικές αλλαγές στη σωματική τους εικόνα (Mitchell et al., 2017). Οι Iraki et al. (2019) αναφέρουν ότι μια μεταγωνιστική προσέγγιση με γρήγορη αύξηση του βάρους σε πρώτη φάση θα βοηθήσει στην φυσιολογική και ψυχολογική αποκατάσταση του αθλητή και έπειτα να μειωθεί ο ρυθμός αύξησης του βάρους για την ελαχιστοποίηση εναπόθεσης ανεπιθύμητου λιπώδους ιστού. Σε μια μελέτη περίπτωσης των Rossow et al. (2013) η τεστοστερόνη του αθλητή μειώθηκε κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας από 9,22 ng/ml σε 2,27 ng/ml και επανήλθε 6 μήνες μετά τον αγώνα στα 9,91 ng/ml, ενώ η δύναμη του ακόμα δεν είχε επανέλθει στα αρχικά επίπεδα. Παρόμοια, σε μελέτη περίπτωσης των Pardue et al. (2017), οι φυσιολογικές παράμετροι που είχαν επηρεαστεί από την προετοιμασία δεν είχαν επανέλθει πλήρως ακόμα και 5 μήνες μετά τον αγώνα όπως και σε μελέτη της Gwazdauskas (2016), όπου η μυϊκή δύναμη δεν είχε επανέλθει για τουλάχιστον 6 εβδομάδες μετά τον αγώνα.

1.5. Αναγκαιότητα διεξαγωγής της έρευνας

Η παρούσα περιπτωσιολογική μελέτη θα δώσει έναυσμα για περαιτέρω έρευνα σε μεμονωμένες παραμέτρους με σκοπό να βρεθούν τρόποι που θα μεγιστοποιούν τη σωματική εικόνα, με την ελάχιστη δυνατή επιρροή της υγείας των αθλητών

σωματοδόμησης και θα προληφθούν πιθανές αρνητικές συνέπειες σε μελλοντικές περιπτώσεις. Επίσης, λόγω μειωμένου πλήθους παρόμοιων μελετών, οποιαδήποτε πληροφορία θα βοηθούσε στο θεωρητικό κομμάτι που αφορά δραστικές μειώσεις του σωματικού λίπους σε συνδυασμό με παρατεταμένη δίαιτα.

1.6. Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της παρούσας περιπτωσιολογικής μελέτης είναι η παρακολούθηση των μεταβολών της σύστασης του σώματος, των βιοχημικών δεικτών και της οστικής πυκνότητας, όπως επίσης και η μεταβολή των διατροφικών και προπονητικών παραμέτρων που θα χρειαστούν κατά τη διάρκεια προετοιμασίας 7 μηνών ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή σωματική εικόνα που ισοδυναμεί με τη παρουσία πολύ χαμηλού ποσοστού λίπους και τη μέγιστη δυνατή διατήρηση της μυϊκής μάζας.

1.7. Περιορισμοί και οριοθετήσεις

Η εμπειρία του αθλητή καθιστά υψηλή την αξιοπιστία των διατροφικών και προπονητικών δεδομένων και η εκτεταμένη διάρκεια προσφέρει μία καθαρή εικόνα των φυσιολογικών προσαρμογών. Ο αθλητής ακολούθησε ευέλικτη διατροφή με καθημερινή καταγραφή γραμμαρίων χωρίς να αποκλείει κάποια διατροφική ομάδα και είχε ως στόχο την κατανάλωση των μακροθρεπτικών στοιχείων που απαιτούνταν. Στους περιορισμούς, πρόκειται για δείγμα 1 ατόμου και δεν ελέγχθηκαν εξωγενείς παράγοντες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τις τιμές που εξετάσαμε όπως το καθημερινό στρες και η εργασία.

1.8. Ορισμοί και συντομογραφίες

Σωματοδόμηση : Άθλημα όπου οι αθλητές κρίνονται για τη σωματική εικόνα

Μυϊκή Υπερτροφία : Η αύξηση του όγκου των μυϊκών ινών

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

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

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

Ενεργειακό ισοζύγιο : Ισόποση πρόσληψη και δαπάνη ενέργειας

σ.β. : σωματικό βάρος

γρ/κilog : γραμμάρια ανά κilog

gr : γραμμάρια

gr/cm² : γραμμάρια ανά τετραγωνικό εκατοστό

ng/ml : Νανογραμμάρια ανά χιλιοστόλιτρο

mg/dl : Χιλιοστόγραμμα ανά δεκατόλιτρο

MEV : Minimum effective volume - Ελάχιστη αποτελεσματική δόση προπόνησης

MRV : Maximum recoverable volume - Μέγιστη δόση προπόνησης όπου ο αθλητής μπορεί να αναρρώσει

1ME : 1 μέγιστη επανάληψη

Bpm : Beats per minute – Χτύποι ανά λεπτό

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1. Δείγμα

Στη μελέτη συμμετείχε ένας Έλληνας αθλητής φυσικής σωματικής διάπλασης, 25,5 ετών με προπονητική εμπειρία 8 χρόνων και 3 συνολικές παρουσίες σε ελληνικούς και βαλκανικούς αγώνες με κατάκτηση 2^η θέσης σε πανελλήνιο επίπεδο. Στο τέλος της χρονιάς που μελετήθηκε, ο αθλητής κατέκτησε την 1^η θέση στο Πανελλήνιο Πρωτάθλημα και την 4^η θέση στο Παγκόσμιο Πρωτάθλημα.

2.2. Πειραματικός σχεδιασμός

Πραγματοποιήθηκαν 3 μετρήσεις συνολικά για τη σύσταση του σώματος, την οστική πυκνότητα, το βιοχημικό προφίλ και τη γωνία φάσης. Πριν την έναρξη της αγωνιστικής προετοιμασίας (1^η εβδομάδα), έπειτα μετά από 3,5 μήνες (15^η εβδομάδα), 10 ημέρες πριν το τέλος (31^η εβδομάδα) και 2εβδομάδες μετά το τέλος της προετοιμασίας πραγματοποιήθηκε 4^η μέτρηση για την σύσταση του σώματος. Η αξιολόγηση του κάθετου άλματος, της μυϊκής αντοχής και της καρδιακής συχνότητας πραγματοποιούνταν κάθε 2 εβδομάδες. Ο αθλητής κατέγραφε σε καθημερινή βάση το σωματικό του βάρος, τη φυσική δραστηριότητα και την πρόσληψη των μακροθρεπτικών στοιχείων. Ακολουθούσε προπονητικές οδηγίες που διέπονταν από προοδευτικότητα και ακολουθούσαν κατευθυντήριες οδηγίες μεγιστοποίησης της υπερτροφίας προσαρμοσμένες σε αυτόν. Η ένταση που χρησιμοποιούνταν αντιστοιχούσε σε ένα εύρος επαναλήψεων 4-20 με το μεγαλύτερο ποσοστό να βρίσκεται στις 8-13 επαναλήψεις. Η εβδομαδιαία ποσότητα των σετ καθορίστηκε έπειτα από συνεννόηση με τον αθλητή όπου λόγω της εμπειρίας του γνώριζε εξ αρχής την ποσότητα των σετ που ανάρρωνε και τροποποιούνταν αν χρειαζόταν ανάλογα την απόδοση του κάθε εβδομάδα. Η συχνότητα που χρησιμοποιούνταν είχε σκοπό να καλύπτει την απαιτούμενη ποσότητα προπόνησης με την 1.5-2 φορές ανά εβδομάδα να αποτελεί τη γενική οδηγία προς τον αθλητή. Η περιοδικότητα στις ασκήσεις πραγματοποιούνταν με βάση την απόδοση του αθλητή, όπου μία άσκηση που κατέγραφε υψηλή προοδευτική επιβάρυνση μέσω κιλών ή επαναλήψεων, παρέμενε και στον επόμενο μεσόκυκλο. Κάθε μεσόκυκλος ξεκινούσε με μειωμένη κόπωση με τα σετ να διακόπτονται ~2 επαναλήψεις προτού τη μυϊκή εξάντληση στη σύγκεντρη φάση και στην τελευταία εβδομάδα ο αθλητής έφτανε μέχρι τη μυϊκή εξάντληση. Το διάλειμμα ανάμεσα

από τα σετ κυμαίνονταν από 2-3' ανάλογα την ένταση της κόπωσης που προηγήθηκε και προσαρμόζονταν ανάλογα ώστε οι καρδιακοί παλμοί και η τοπική μυϊκή κόπωση να έχουν μειωθεί και ο αθλητής να αισθάνεται έτοιμος για το επόμενο σετ. Όσον αφορά τη διατροφή, ο αθλητής ακολουθούσε οδηγίες που αφορούσαν στην εβδομαδιαία μείωση του σωματικού του βάρους κατά 0,5-0,6% αυτού με αυξημένη ημερήσια πρόσληψη πρωτεΐνης >2.2 γρ/κilo σ.β. , ημερήσια πρόσληψη λιπαρών >0.6γρ/κilo σ.β. και τις υπόλοιπες θερμίδες να καλύπτονται από υδατάνθρακες. Καμία διατροφική ομάδα δεν αποκλείστηκε. Οι αρχικές θεωρητικές θερμίδες συντήρησης εκτιμήθηκαν μέσω του λογισμικού λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά του αθλητή και αυξομειώνονταν κάθε εβδομάδα ανάλογα τις 7 τιμές σωματικού βάρους που ανέφερε ο αθλητής. Η πιθανή μείωση της προσλαμβανόμενης ενέργειας προερχόταν κυρίως από τους υδατάνθρακες.

2.3. Εξαρτημένες-Ανεξάρτητες μεταβλητές

- Ανεξάρτητες μεταβλητές: Από τον σχεδιασμό δεν προκύπτουν ανεξάρτητες μεταβλητές.
- Εξαρτημένες: α) δείκτες σύστασης σώματος (ποσοστό σωματικού λίπους, ποσοστό άλιπης σωματικής μάζας(DXA, DpxNt, General Electrics & BIO, Bioelectrical Impedance Analysis) β) δείκτες οστικής πυκνότητας (Bone Mineral Density, BMD) και περιεχομένου των οστών σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία (Bone Mineral Content, BMC), γ) βιοχημικοί δείκτες (Ολική τεστοστερόνη, Κορτιζόλη, Τριωδοθυρονίνη Ελεύθερη, Θυροξίνη Ελεύθερη) με μεθόδους ανάλυσης: φωτομετρία και φθοροπλωσιομετρία, δ) καρδιακή συχνότητα ηρεμίας και ε) κορεσμός οξυγόνου (οξύμετρο),στ) εβδομαδιαία καταγραφή κατακόρυφου άλματος με υποχωρητική φάση με τα χέρια ελεύθερα μέσω της εφαρμογής MyJump 2 σε περιβάλλον android, ζ) καταγραφή μυϊκής αντοχής κάθε δύο εβδομάδες στις ασκήσεις πιέσεις στήθους με αλτήρες από το πάτωμα (floorpress) και μονοποδικό κάθισμα με στήριξη (Bulgarian squat), η) εβδομαδιαία καταγραφή προπόνησης μέσω προπονητικού ημερολογίου στο οποίο θα καταγράφεται η συνολική ποσότητα, η ποσότητα των σετ ανά μυϊκή ομάδα, η ένταση, οι επαναλήψεις, θ) η πρόσληψη διατροφικών στοιχείων μέσω της εφαρμογής Diet (Science Technologies, Athens), ι) η γωνία φάσης μέσω βιοηλεκτρικής εμπέδησης (BIA, CHARDER MA801, Charder, Taiwan)

2.4. Περιγραφή μετρήσεων και οργάνων μέτρησης

2.4.1. Διατροφική καθοδήγηση και ανακλήσεις

Ο αθλητής συμπλήρωνε καθημερινά και έπειτα από εκπαίδευση από διαιτολόγο τις διατροφικές του ανακλήσεις. Οι ανακλήσεις αναλύονταν μέσω του λογισμικού ανάλυσης διατροφής Diet (Science Technologies, Athens).

2.4.2. Αξιολόγηση προπονητικού πλάνου

Ο αθλητής κατέγραφε καθημερινά την προπόνηση του με βάση τις ασκήσεις, τα σετ, τις επαναλήψεις, το διάλειμμα ανάμεσα από τα σετ και την υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης. Η ανατροφοδότηση λάμβανε υπόψη τους παραπάνω παράγοντες με στόχο την προοδευτική επιβάρυνση.

2.4.3. Αξιολόγηση μυϊκής αντοχής στο άνω και κάτω μέρος του σώματος

Η μυϊκή αντοχή αξιολογούνταν στις ασκήσεις πιέσεις στήθους με αλτήρες από το έδαφος (Floor press) χρησιμοποιώντας βάρος 31,5 κιλών σε κάθε αλτήρα για το άνω μέρος και στο μονοποδικό βουλγάρικο κάθισμα με στήριξη (Bulgarian squat) χρησιμοποιώντας βάρος 17,75 κιλών σε κάθε αλτήρα. Ο αθλητής αξιολογούνταν κάθε 2 εβδομάδες με ένα σετ μέχρι εξάντλησης σε κάθε άσκηση έχοντας αποχή από προπόνηση που ενεργοποιεί την εμπλεκόμενη μυϊκή ομάδα για τουλάχιστον 48 ώρες. Όταν ο αθλητής αδυνατούσε να εκτελέσει επανάληψη λόγω κόπωσης ή με λανθασμένη τεχνική, το σετ σταματούσε. Ακολουθούσε ειδική προθέρμανση χρησιμοποιώντας σταδιακά αυξανόμενες εντάσεις από το 50% της 1ΜΕ έως το 100%, χωρίς την παρουσία κόπωσης.

2.4.4. Καταγραφή κατακόρυφου άλματος

Το κατακόρυφο άλμα αξιολογούνταν μέσω της εφαρμογής My Jump 2 σε περιβάλλον android. Πραγματοποιούνταν 3 προσπάθειες και ως τελική τιμή καταλογίζονταν ο μέσος όρος αυτών. Ο αθλητής είχε αποχή από προπόνηση ποδιών για τουλάχιστον 48 ώρες. Ακολουθούσε ειδική προθέρμανση και ασκήσεις κινητικότητας της ποδοκνημικής, του ισχίου και ασκήσεις ενεργοποίησης των μυών που ενεργούν στην άρθρωση του ισχίου και του γόνατος.

2.4.5. Αξιολόγηση σύστασης σώματος και της οστικής πυκνότητας με τη μέθοδο απορροφησιομετρίας ακτινών Χ διπλής ενέργειας (DXA)

Η αξιολόγηση της σύστασης σώματος πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της απορροφησιομετρίας ακτινών Χ διπλής ενέργειας (DXA). Η τεχνολογία εφαρμογής της στηρίζεται στη διαφορετική απορροφησιμότητα των δύο ακτινών Χ από τα μαλακά μόρια του σώματος και τα οστικά άλατα. Η μέθοδος βασίζεται στην αρχή της διαφορετικής, εκθετικής εξασθένισης της προσπίπτουσας δέσμης των δύο διαφορετικών ενεργειακών επιπέδων ακτινών Χ. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε το μηχάνημα LunarDPX-NT (GEHealthcare, 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 (Njeh et al., 1999).

Απαραίτητες προϋποθέσεις για την αξιολόγηση της σύστασης σώματος ήταν η ολονύκτια νηστεία. Ο αθλητής προσέρχονταν με ελαφρύ ρουχισμό (σορτσάκι και κοντομάνικη μπλούζα) και χωρίς να φέρει μεταλλικά αντικείμενα. Στην συνέχεια τοποθετούνταν σε ύπτια θέση στο μηχάνημα χωρίς υποδήματα, ώστε να εφάπτονται οι γλουτοί στη έδρα του μηχανήματος και τα πόδια ενώνονταν ώστε να εφάπτονται οι αστράγαλοι. Στην πορεία τοποθετούνταν ζώνες περίδεσης 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.

2.4.6. Αξιολόγηση της οστικής πυκνότητας με τη μέθοδο απορροφησιομετρίας ακτινών Χ διπλής ενέργειας (DXA)

Η αξιολόγηση της οστικής πυκνότητας και της οστικής μάζας όλου του σώματος πραγματοποιούνταν ταυτόχρονα με την αξιολόγηση της σύστασης του σώματος ακολουθώντας ακριβώς τις ίδιες οδηγίες.

2.4.7. Αξιολόγηση της γωνίας φάσης με τη μέθοδο βιοηλεκτρικής εμπέδησης(BIA)

Η γωνία φάσης, η οποία χρησιμοποιείται συχνά ως δείκτης της κυτταρικής υγείας του σώματος αξιολογήθηκε με τη μέθοδο βιοηλεκτρικής εμπέδησης χρησιμοποιώντας συχνότητα 50kHz. Η αξιολόγηση έγινε την ίδια ημέρα με την αξιολόγηση της σύστασης του σώματος με το DXA και τηρήθηκαν οι ίδιες προϋποθέσεις.

2.4.8. Αξιολόγηση των βιοχημικών δεικτών

Ο αθλητής παρευρέθηκε στην αρχή στο μέσο και στο τέλος της προετοιμασίας σε ειδικό αιματολογικό κέντρο για την αξιολόγηση του ορμονικού του προφίλ και συγκεκριμένα της ολικής τεστοστερόνης, της κορτιζόλης ορού πρωινής ώρας (8 π.μ.), της ελεύθερης τριιωδοθυρονίνης (FT3) και της ελεύθερης θυροξίνης (FT4). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν έπειτα από αποχή τουλάχιστον 48 ωρών από την προπόνηση. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η φωτομετρία για τον προσδιορισμό των βασικών βιοχημικών εξετάσεων και η φθοροπολωσιμετρία για τον προσδιορισμό των ορμονών θυροειδούς.

2.5. Στατιστική ανάλυση

Η παρούσα διατριβή είχε ως αντικείμενο την περιοδική αξιολόγηση της σύστασης σώματος, της οστικής πυκνότητας και των βιοχημικών δεικτών ενός έμπειρου αθλητή (μελέτη περίπτωσης). Για αυτό τον λόγο οι τιμές παρουσιάζονται ως απόλυτες και δεν πραγματοποιήθηκε κάποια στατιστική ανάλυση.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η αξιολόγηση της σύστασης του σώματος, της οστικής πυκνότητας, βιοχημικών δεικτών και αθλητικής απόδοσης αθλητή φυσικής σωματοδόμησης κατά τη διάρκεια προετοιμασίας για αγώνα. Ελέγχθηκαν επίσης οι παράμετροι που επηρεάζουν την σύσταση του σώματος όπως είναι η προσλαμβανόμενη ενέργεια και η φυσική δραστηριότητα ώστε ο αθλητής να βρίσκεται συνεχώς εντός του προμελετημένου στόχου. Στα παρακάτω αποτελέσματα παρουσιάζονται διαδοχικά τα δεδομένα που αφορούν τα στοιχεία επιβάρυνσης της προπόνησης, τη σύσταση του σώματος και την ενεργειακή κατανάλωση, την οστική πυκνότητα, τους βιοχημικούς δείκτες , την αθλητική απόδοση και τους καρδιοαναπνευστικούς δείκτες που αξιολογήθηκαν, αρχικά ως ποσοστιαίες μεταβολές και έπειτα ως απόλυτες τιμές.

3.1. Καταγραφή όγκου προπόνησης με την μορφή ποσότητας των σετ

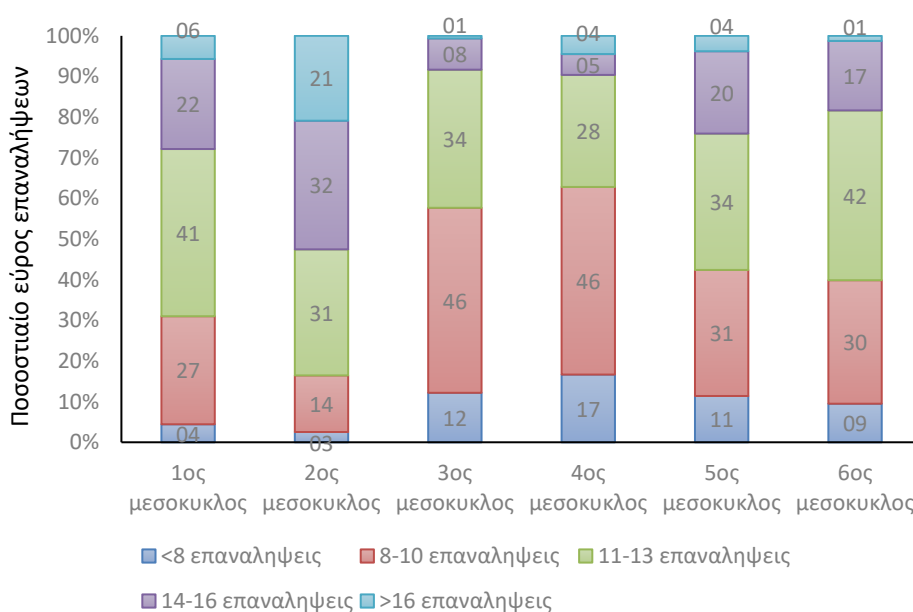
Στην αξιολόγηση του όγκου προπόνησης λήφθηκε υπόψη η ποσότητα των σετ, εφόσον αυτά κατέληγαν μέχρι την εξάντληση ή κοντά σε αυτήν. Κατά τη διάρκεια των μεσόκυκλων υπήρχε προοδευτική επιβάρυνση αυξάνοντας τα σετ σε κάθε μυϊκή ομάδα, με μεγαλύτερη έμφαση στις μυϊκές ομάδες που είχαν προτεραιότητα. Η ποσότητα των σετ στην μυϊκή ομάδα της πλάτης ήταν 14 και 17 εβδομαδιαία σετ στην αρχή και στο τέλος του μεσόκυκλου της 1^η εβδομάδας της προετοιμασίας. Αυξήθηκε από 16 στα 19 από την αρχή μέχρι το τέλος των μεσόκυκλων της 15^{ης} και 31^{ης} εβδομάδας. Η ποσότητα των σετ στην μυϊκή ομάδα του στήθους ήταν 14 και 18 εβδομαδιαία σετ στην αρχή και στο τέλος του μεσόκυκλου της 1^η εβδομάδας της προετοιμασίας. Αυξήθηκε από 16 στα 18 από την αρχή μέχρι το τέλος του μεσόκυκλου της 15^{ης} εβδομάδας και από 17 στα 19 στο μεσόκυκλο της 31^{ης} εβδομάδας. Η ποσότητα των σετ στην μυϊκή ομάδα των ώμων ήταν 11 και 12 εβδομαδιαία σετ στην αρχή και στο τέλος του μεσόκυκλου της 1^η εβδομάδας της προετοιμασίας. Αυξήθηκε από 10 στα 11 από την αρχή μέχρι το τέλος των μεσόκυκλων της 15^{ης} και 31^{ης} εβδομάδας. Η ποσότητα των σετ στην μυϊκή ομάδα των καμπτήρων του αγκώνα ήταν 11 και 13 εβδομαδιαία σετ στην αρχή και στο τέλος του μεσόκυκλου της 1^η εβδομάδας της προετοιμασίας. Αυξήθηκε από 12 στα 13 από την αρχή μέχρι το τέλος του μεσόκυκλου της 15^{ης} εβδομάδας και από 11 στα 12 στο μεσόκυκλο της 31^{ης} εβδομάδας. Η ποσότητα των σετ στην μυϊκή ομάδα των εκτεινόντων του αγκώνα ήταν 11 και 13 εβδομαδιαία σετ στην αρχή και στο τέλος του μεσόκυκλου της 1^η εβδομάδας της προετοιμασίας. Αυξήθηκε από 12 στα 13 από την αρχή μέχρι το τέλος του μεσόκυκλου της 15^{ης} εβδομάδας και έμεινε στάσιμη στα 12 στο μεσόκυκλο της 31^{ης} εβδομάδας. Η ποσότητα των σετ στην μυϊκή ομάδα των ποδιών ήταν 14 και 17 εβδομαδιαία σετ στην αρχή και στο τέλος του μεσόκυκλου της 1^η εβδομάδας της προετοιμασίας. Αυξήθηκε από 16 στα 17 από την αρχή μέχρι το τέλος του μεσόκυκλου της 15^{ης} εβδομάδας και από 15 στα 17 στο μεσόκυκλο της 31^{ης} εβδομάδας (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Εβδομαδιαία ποσότητα των σετ ανά μυϊκή ομάδα στην αρχή και τέλος των μεσόκυκλων που διανύουν τις χρονικές στιγμές αναφοράς

	ΜΕΣΟΚΥΚΛΟΣ 1ης ΕΒΔΟΜΑΔΑ		ΜΕΣΟΚΥΚΛΟΣ 15ης ΕΒΔΟΜΑΔΑ		ΜΕΣΟΚΥΚΛΟΣ 31 ^{ης} ΕΒΔΟΜΑΔΑ	
	ΑΡΧΗ	ΤΕΛΟΣ	ΑΡΧΗ	ΤΕΛΟΣ	ΑΡΧΗ	ΤΕΛΟΣ
ΠΛΑΤΗ	14	17	16	19	16	19
ΣΤΗΘΟΣ	14	18	16	18	17	19
ΩΜΟΥΣ	11	12	10	11	10	11
ΚΑΜΠΤΗΡΕΣ ΑΓΚΩΜΑ	11	13	12	13	11	12
ΕΚΤΕΙΝΟΝΤΕΣ ΑΓΚΩΝΑ	11	13	12	13	12	12
ΠΟΔΙΑ	14	17	16	17	15	17

3.2. Καταγραφή ποσοστιαίου εύρους επαναλήψεων ανά μεσόκυκλο

Στην καταγραφή του εύρους επαναλήψεων λήφθηκαν τα σετ που έφτασαν κοντά ή στην μυϊκή εξάντληση και αναφέρονται ως ποσοστά επί του συνόλου ανά μεσόκυκλο. Υψηλότερη ένταση και επαναλήψεις <8 χρησιμοποιήθηκαν σχετικά περισσότερο στον 3^ο και 4^ο μεσόκυκλο με την μικρότερη εφαρμογή στον 1^ο και 2^ο μεσόκυκλο. Το εύρος 8-10 επαναλήψεων χρησιμοποιήθηκε σχετικά περισσότερο στον 3^ο και 4^ο μεσόκυκλο με την μικρότερη εφαρμογή στον 1^ο και 2^ο μεσόκυκλο. Το εύρος 11-13 επαναλήψεων χρησιμοποιήθηκε σχετικά περισσότερο στον 1^ο και 6^ο μεσόκυκλο με την μικρότερη εφαρμογή στον 2^ο και 4^ο μεσόκυκλο. Το εύρος 14-16 επαναλήψεων χρησιμοποιήθηκε σχετικά περισσότερο στον 1^ο και 2^ο μεσόκυκλο με την μικρότερη εφαρμογή στον 3^ο και 6^ο μεσόκυκλο (Σχήμα 1).



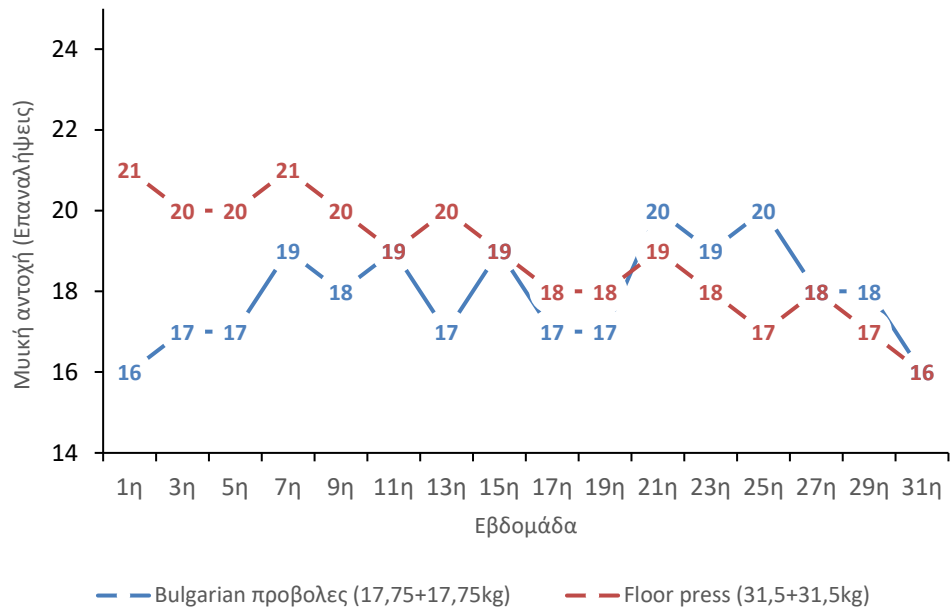
Σχήμα 1. Ατομικά δεδομένα του ποσοστιαίου εύρους επαναλήψεων που χρησιμοποιήθηκε ανά μεσόκυκλο

3.3. Περιοδική αξιολόγηση μυϊκής αντοχής άνω και κάτω μέρους του σώματος

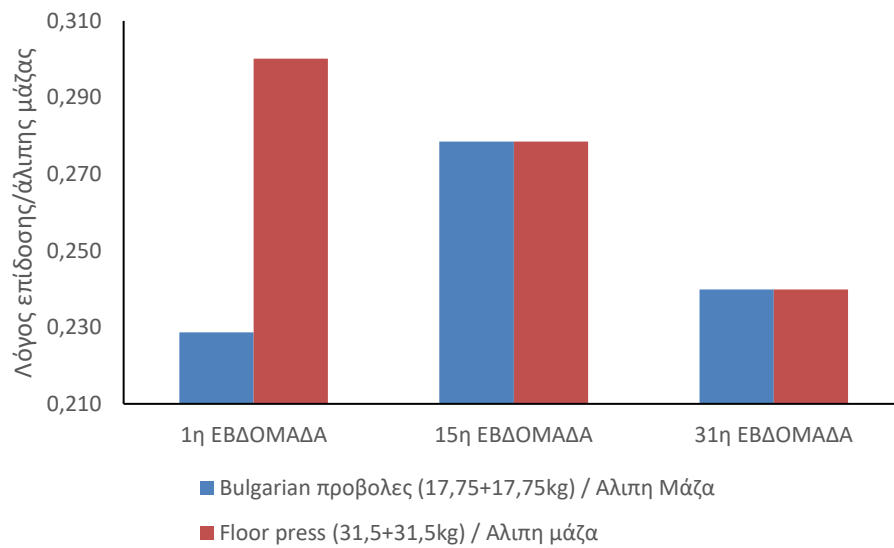
Στην αξιολόγηση της μυϊκής αντοχής άνω και κάτω μέρους του σώματος, όπως αυτή εκφράζεται με την πραγματοποίηση ενός σετ μέχρι εξάντλησης στις ασκήσεις στήθους με αλτήρες από το έδαφος (Floor press) και βουλγάρικες προβολές (Bulgarian split squat), αντίστοιχα, Στις πιέσεις στήθους με αλτήρες από το έδαφος παρατηρήθηκε μείωση κατά 9,52% από την 1^η εβδομάδα στην 15^η εβδομάδα, μείωση κατά 15,79% από την 15^η στην 31^η εβδομάδα και συνολική μείωση κατά -23,81% από την 1^η στην 31^η εβδομάδα. Στις βουλγάρικες προβολές με αλτήρες παρατηρήθηκε αύξηση κατά 18,75% από την 1^η εβδομάδα στην 15^η εβδομάδα, μείωση κατά 15,79% από την 15^η στην 31^η εβδομάδα και δεν υπήρχε συνολική μεταβολή από την 1^η στην 31^η εβδομάδα (Πίνακας 2, Σχήμα 2).

Πίνακας 2. Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση στις εβδομάδες αναφοράς της μυϊκής αντοχής άνω και κάτω μέρους

ΕΒΔΟΜΑΔΑ	1 ^η σε 15 ^η	15 ^η σε 31 ^η	1 ^η σε 31 ^η
Ποσοστό Μεταβολής μυϊκής			
αντοχής άνω μέρους στην	-9,52%	-15,79%	-23,81%
άσκηση πιέσεις στήθους με			
αλτήρες από το έδαφος			
Ποσοστό Μεταβολής μυϊκής			
αντοχής κάτω μέρους στην			
άσκηση βουλγάρικες	18,75%	-15,79%	0%
προβολές με αλτήρες			



Σχήμα 2. Ατομικά δεδομένα μυϊκής αντοχής άνω και κάτω μέρους του σώματος σε σχέση με το χρόνο



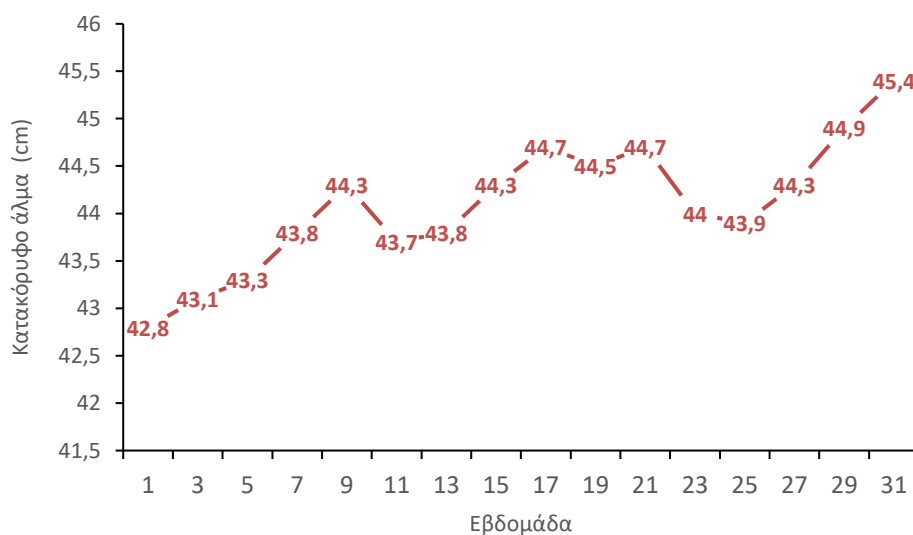
Σχήμα 3. Ατομικά δεδομένα μυϊκής αντοχής άνω και κάτω μέρους του σώματος σε σχέση με το χρόνο εκφρασμένα με λόγο επαναλήψεων / άλιπης μάζας

3.4. Περιοδική αξιολόγηση του κάθετου άλματος (Countermovement jump)

Στην αξιολόγηση του κάθετου άλματος με υποχωρητική φάση και ελεύθερη κίνηση όπου εκφράζεται ως την απόσταση του εδάφους μέχρι των κατώτερο σημείο του πέλματος στο υψηλότερο σημείο του άλματος, παρουσιάστηκε αύξηση κατά 3,5% από την 1^η στην 15^η εβδομάδα, αύξηση κατά 2,48% από την 15^η στην 31^η εβδομάδα και συνολική αύξηση κατά 6,07% από την 1^η στην 31^η εβδομάδα (Πίνακας 3, Σχήμα 4).

Πίνακας 3. Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση στις εβδομάδες αναφοράς του κάθετου άλματος με υποχωρητική φάση και ελεύθερη κίνηση χεριών (Countermovement Jump – CMJ)

ΕΒΔΟΜΑΔΑ	1 ^η σε 15 ^η	15 ^η σε 31 ^η	1 ^η σε 31 ^η
Ποσοστό Μεταβολής του κάθετου άλματος με υποχωρητική φάση (CMJ)	3,5%	2,48%	6,07%



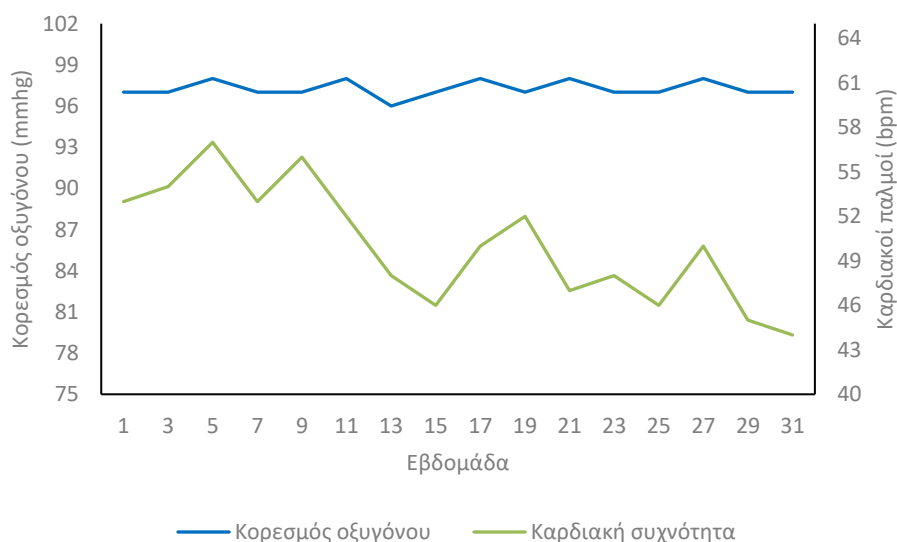
Σχήμα 4. Ατομικά δεδομένα κατακόρυφου άλματος με υποχωρητική φάση και τα χέρια ελεύθερα σε σχέση με το χρόνο

3.5. Περιοδική αξιολόγηση της καρδιακής συχνότητας ηρεμίας και του κορεσμού οξυγόνου ηρεμίας

Στην αξιολόγηση της καρδιακής συχνότητας ηρεμίας, η οποία πραγματοποιούνταν πρωινές ώρες ακριβώς μετά το ξύπνημα, παρατηρήθηκε μείωση κατά -13,21% από την 1^η στην 15^η εβδομάδα, μείωση κατά -4,35% από την 15^η στην 31^η εβδομάδα και συνολική μείωση κατά 16,98% από την 1^η στην 31^η εβδομάδα. Ο κορεσμός οξυγόνου σε ηρεμία αξιολογούνταν την ίδια στιγμή και δεν παρατηρήθηκε μεταβολή κατά την 1^η, 15^η και 31^η εβδομάδα (Πίνακας 4, Σχήμα 5).

Πίνακας 4. Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση στις εβδομάδες αναφοράς των καρδιακής συχνότητας ηρεμίας και του κορεσμού του οξυγόνου

ΕΒΔΟΜΑΔΑ	1 ^η σε 15 ^η	15 ^η σε 31 ^η	1 ^η σε 31 ^η
Ποσοστό Μεταβολής Καρδιακών παλμών ηρεμίας	-13,21%	-4,35%	-16,98%
Ποσοστό Μεταβολής Κορεσμού οξυγόνου ηρεμίας	0%	0%	0%



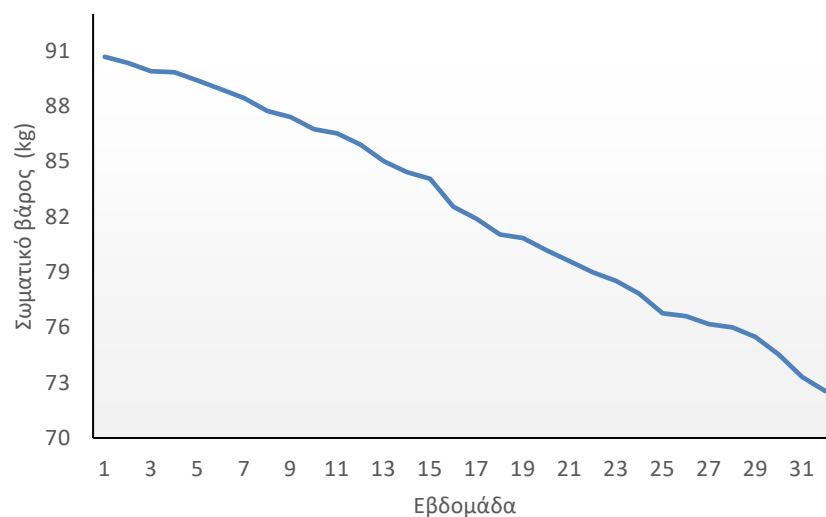
Σχήμα 5. Ατομικά δεδομένα κορεσμού οξυγόνου ηρεμίας και καρδιακής συχνότητας ηρεμίας σε σχέση με το χρόνο

3.6. Περιοδική αξιολόγηση του σωματικού βάρους

Στην αξιολόγηση του σωματικού βάρους με συμβατική ζυγαριά σώματος η οποία εκφράζεται με εβδομαδιαίους μέσους όρους, διαπιστώθηκε σταδιακή μείωση κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας με συνολική μεταβολή κατά -31,91% του σωματικού βάρους από την 1^η έως την 31^η εβδομάδα (Πίνακας 5, Σχήμα 6).

Πίνακας 5. Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση στις εβδομάδες αναφοράς του σωματικού βάρους

ΕΒΔΟΜΑΔΑ	1 ^η σε 15 ^η	15 ^η σε 31 ^η	1 ^η σε 31 ^η
Ποσοστό Μεταβολής			
Σωματικού βάρους	-7,3%	-12,79%	-19,16%



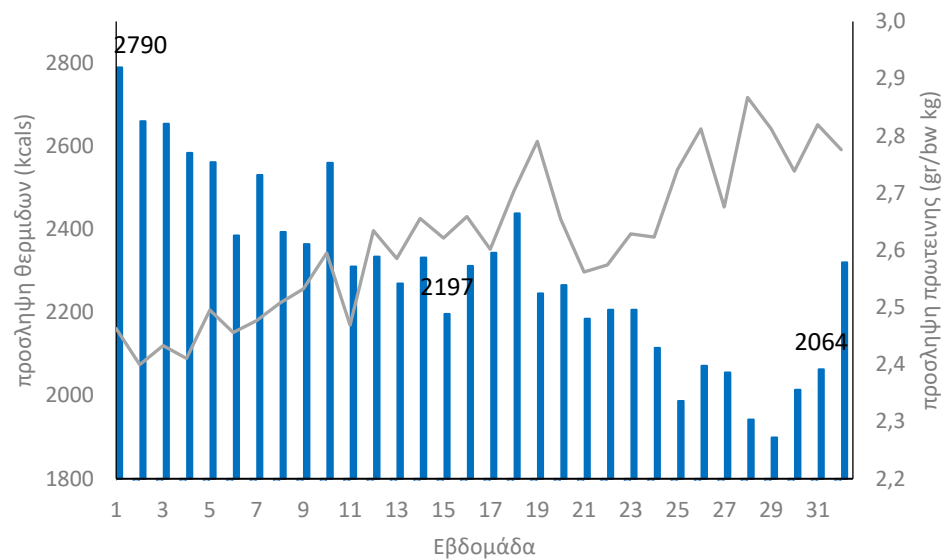
Σχήμα 6. Ατομικά δεδομένα του μέσου εβδομαδιαίου σωματικού βάρους σε σχέση με τον χρόνο

3.7. Περιοδική αξιολόγηση της θερμιδικής πρόσληψης και ημερήσιας πρόσληψης πρωτεΐνης

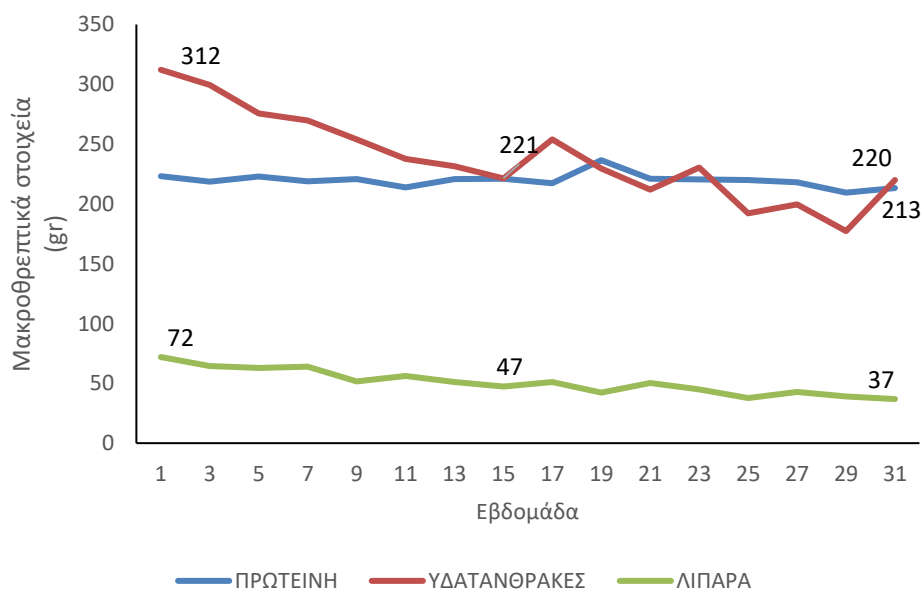
Στην αξιολόγηση της ενεργειακής πρόσληψης, ώστε το βάρος του αθλητή να συμβαδίζει με τον εβδομαδιαίο ρυθμό μείωσης κατά 0,5-0,6% του σωματικού του βάρους και ημερήσια πρόσληψη πρωτεΐνης >2,2 γραμμάρια/κιλό σωματικού βάρους, η θερμιδική του πρόσληψη μεταβλήθηκε κατά -21,25% και -6,05% από την 1^η στην 15^η και από την 15^η στην 31^η εβδομάδα, αντίστοιχα. Η συνολική μείωση από την 1^η στην 31^η εβδομάδα ήταν -26,02%. Η μέση εβδομαδιαία πρόσληψη πρωτεΐνης αυξήθηκε κατά 8,33% και 11,54% από την 1^η στην 15^η εβδομάδα και από την 15^η στην 31^η εβδομάδα, αντίστοιχα με την συνολική αύξηση από την 1^η στην 31^η εβδομάδα να είναι 20,83% (Πίνακας 6, Σχήμα 7).

Πίνακας 6. Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση της θερμιδικής πρόσληψης και ημερήσιας πρόσληψης πρωτεΐνης ανά κιλό σωματικού βάρους

ΕΒΔΟΜΑΔΑ	1 ^η σε 15 ^η	15 ^η σε 31 ^η	1 ^η σε 31 ^η
Ποσοστό Μεταβολής			
Θερμιδικής πρόσληψης	-21,25%	-6,05%	-26,02%
Ποσοστό Μεταβολής ημερήσιας πρόσληψης πρωτεΐνης/κιλό σωματικού βάρους	8,33%	11,54%	20,83%



Σχήμα 7. Ατομικά δεδομένα της μέσης εβδομαδιαίας κατανάλωσης θερμίδων και πρωτεΐνης σε σχέση με τον χρόνο



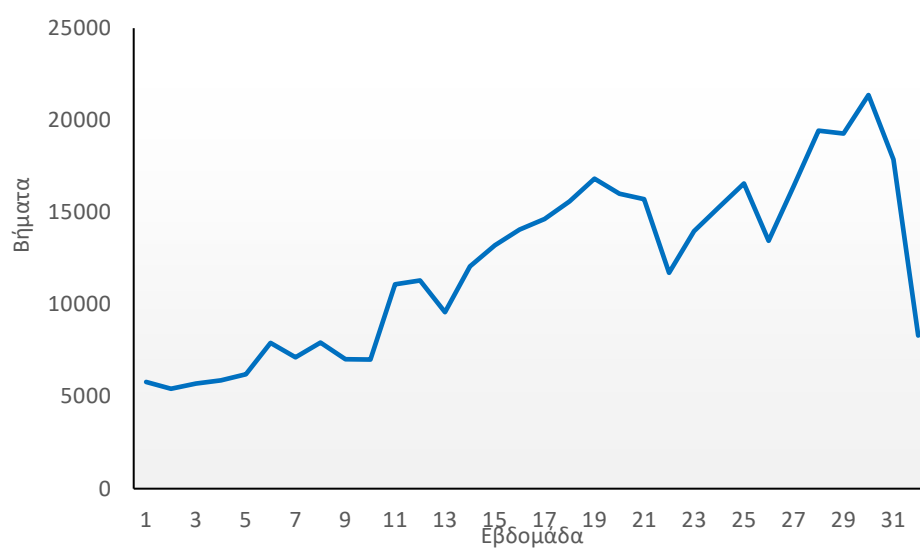
Σχήμα 8. Ατομικά δεδομένα της μέσης εβδομαδιαίας κατανάλωσης μακροθρεπτικών στοιχείων

3.8. Περιοδική αξιολόγηση της φυσικής δραστηριότητας

Στην αξιολόγηση της φυσικής δραστηριότητας λήφθηκαν υπόψη η ημερήσια καταγραφή των βημάτων και ο μέσος εβδομαδιαίος όγκος προπόνησης ανά μήνα. Η φυσική δραστηριότητα του αθλητή αυξήθηκε σταδιακά κατά 126,49% και 48,75% από την 1^η στην 15^η και από την 15^η στην 31^η εβδομάδα, αντίστοιχα. Η συνολική μείωση από την 1^η στην 31^η εβδομάδα ήταν 236,89%. Ο μέσος εβδομαδιαίος όγκος προπόνησης μεταβλήθηκε κατά 70,70% και -10,04% από την 1^η στην 15^η εβδομάδα και από την 15^η στην 31^η εβδομάδα, αντίστοιχα με την συνολική αύξηση από την 1^η στην 31^η εβδομάδα να είναι 53,56% (Πίνακας 7, Σχήμα 9).

Πίνακας 7. Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση των ημερήσιων βημάτων και του μέσου μηνιαίου όγκου προπόνησης

ΕΒΔΟΜΑΔΑ	1 ^η σε 15 ^η	15 ^η σε 31 ^η	1 ^η σε 31 ^η
Ποσοστό			
Μεταβολής ημερήσιων βημάτων	126,49%	48,75%	236,89%
Ποσοστό			
Μεταβολής μέσου μηνιαίου όγκου προπόνησης	70,70%	-10,04%	53,56%



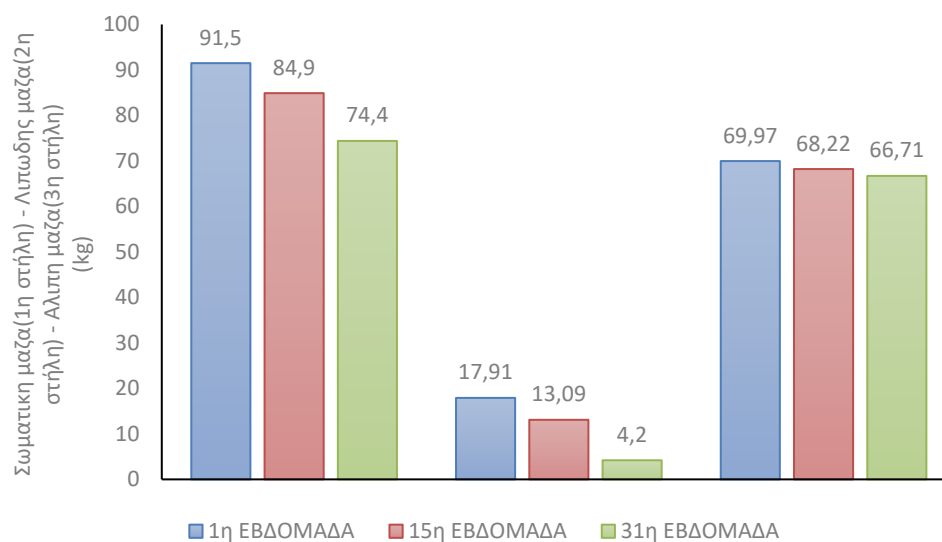
Σχήμα 9. Ατομικά δεδομένα της μέσης εβδομαδιαίας φυσικής δραστηριότητας μέσω βημάτων σε σχέση με τον χρόνο

3.9. Περιοδική αξιολόγηση της σύστασης του σώματος με DXA

Στην αξιολόγηση της σύστασης του σώματος συμπεριλαμβάνεται το σωματικό βάρος, η λιπώδης μάζα και η άλιπη μάζα χωρίς να συμπεριλαμβάνεται η μάζα των μετάλλων των οστών (BMC). Το σωματικό βάρος μειώθηκε κατά 7,21%, 12,37% και 18,69% κατά την 1^η έως την 15^η εβδομάδα, 15^η έως 31^η εβδομάδα και συνολική μείωση από την 1^η έως 31^η εβδομάδα, αντίστοιχα. Η λιπώδης μάζα μειώθηκε κατά -26,91%, -67,91% και -76,55% από την 1^η έως την 15^η εβδομάδα, 15^η έως 31^η εβδομάδα και συνολική μείωση από την 1^η έως 31^η εβδομάδα, αντίστοιχα. Η άλιπη μάζα μειώθηκε σε μικρότερο βαθμό κατά -2,5%, -2,21% και -4,66% από την 1^η έως την 15^η εβδομάδα, 15^η έως 31^η εβδομάδα και συνολική μείωση από την 1^η έως 31^η εβδομάδα, αντίστοιχα (Πίνακας 8, Σχήμα 10).

Πίνακας 8. Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση της σύστασης του σώματος

ΕΒΔΟΜΑΔΑ	1 ^η σε 15 ^η	15 ^η σε 31 ^η	1 ^η σε 31 ^η
Ποσοστό			
Μεταβολής	-7,21%	-12,37%	-18,69%
Σωματικής μάζας			
Ποσοστό			
Μεταβολής	-26,91%	-67,91%	-76,55%
Λιπώδης μάζας			
Ποσοστό			
Μεταβολής	-2,5%	-2,21%	-4,66%
Άλιπης μάζας			



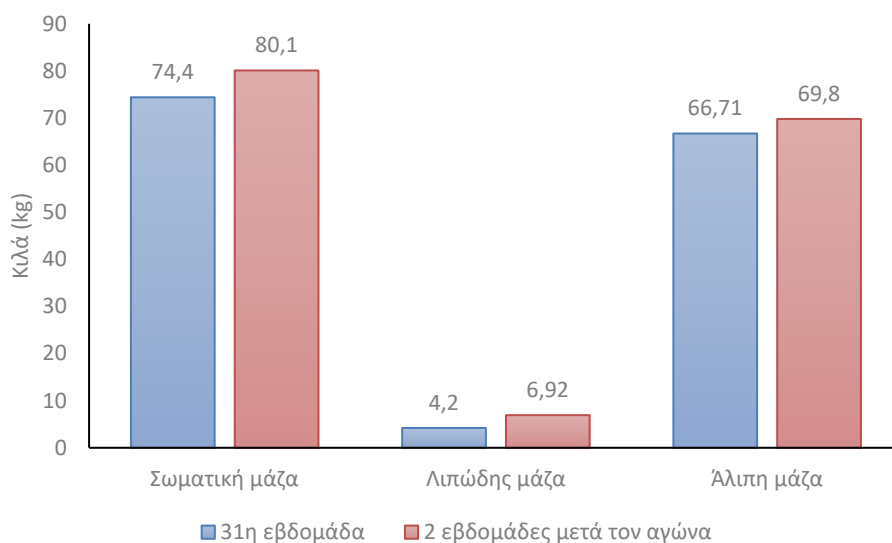
Σχήμα 10. Ατομικά δεδομένα της σωματικής μάζας, λιπώδης μάζας και άλιπης μάζας σε σχέση με τον χρόνο

3.10. Αξιολόγηση της σύστασης σώματος 2 εβδομάδες μετά τον αγώνα

Στην αξιολόγηση αξιολόγηση της σύστασης του σώματος 2 εβδομάδες μετά τον προγραμματισμένο αγώνα και με την κατανάλωση 4500-5000 θερμίδων ημερησίως σε αυτό το διάστημα, μείωση της φυσικής δραστηριότητας με μέσο όρο 7239 βημάτων ημερησίως, παρουσιάστηκε αύξηση της σωματικής μάζας κατά 7,66% από την 31^η εβδομάδα στις 2 εβδομάδες μετά τον αγώνα, αύξηση του λιπώδους ιστού κατά 64,76% από την 31^η εβδομάδα στις 2 εβδομάδες μετά τον αγώνα και αύξηση της άλιπης σωματικής μάζας κατά 4,63% (Πίνακας 9, Σχήμα 11).

Πίνακας 9. Ποσοστιαία μεταβολή σύστασης σώματος από την 31^η εβδομάδα έως 2 εβδομάδες μετά τον αγώνα

ΜΑΖΑ	ΣΩΜΑΤΙΚΗ	ΛΙΠΩΔΗΣ	ΑΛΙΠΗ
Ποσοστό Μεταβολής	7,66%	64,76%	4,63%
Σύσταση σώματος			



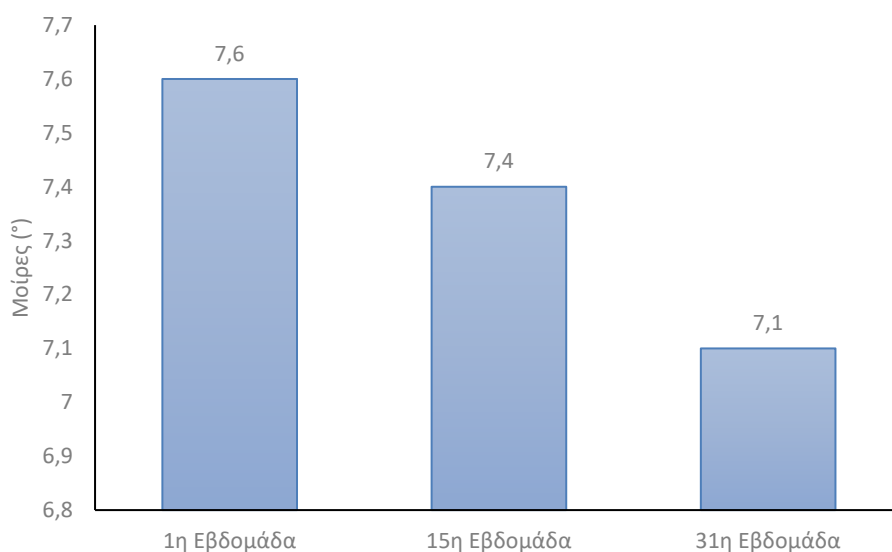
Σχήμα 11. Ατομικά δεδομένα σύστασης σώματος 2 εβδομάδες μετά τον αγώνα

3.11. Περιοδική αξιολόγηση της γωνίας φάσης μέσω ΒΙΑ

Στην αξιολόγηση του δείκτη κυτταρικής υγείας , γωνία φάσης, που εκφράζεται ως μοίρες της μετατόπισης φάσης μεταξύ ρεύματος και τάσης λόγω χρονικής καθυστέρησης της εκφόρτωσης των μεμβρανών, παρουσιάστηκε μείωση κατά -2,63% από την 1^η στην 15^η εβδομάδα, μείωση κατά -4,05% από την 15^η στην 31^η εβδομάδα και συνολική μείωση κατά -6,58% από την 1^η στην 31^η εβδομάδα (Πίνακας 10, Σχήμα 12).

Πίνακας 10. Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση της γωνίας φάσης

ΕΒΔΟΜΑΔΑ	1 ^η σε 15 ^η	15 ^η σε 31 ^η	1 ^η σε 31 ^η
Ποσοστό			
Μεταβολής Γωνίας φάσης	-2,63%	-4,05%	-6,58%



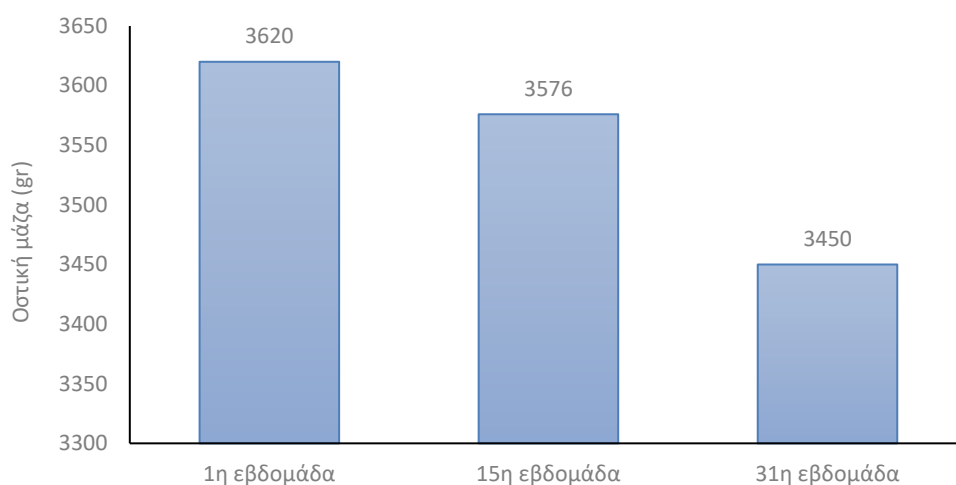
Σχήμα 12. Ατομικά δεδομένα γωνίας φάσης σε σχέση με το χρόνο

3.12. Περιοδική αξιολόγηση της μάζας των οστών και της οστικής πυκνότητας

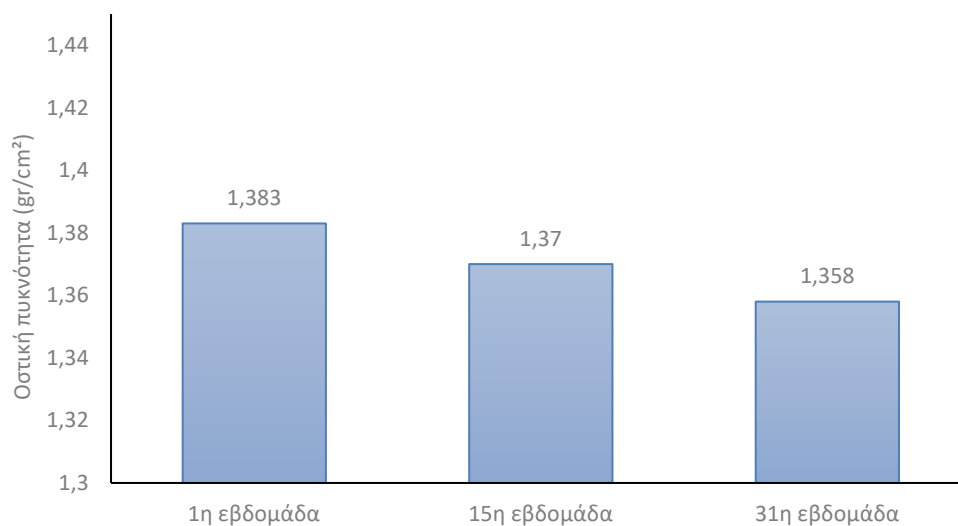
Στην αξιολόγηση της οστικής μάζας του σώματος η οποία εκφράζεται με από το περιεχόμενο των οστών σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία διαπιστώθηκε μείωση κατά -1,22% και -3,52% από την 1^η στην 15^η εβδομάδα και από την 15^η στην 31^η εβδομάδα, αντίστοιχα, με τη συνολική μείωση από την 1^η στην 31^η εβδομάδα να είναι -4,7%. Η οστική πυκνότητα όπως αυτή εκφράζεται με την οστική μάζα σε μέταλλα και ιχνοστοιχεία ανά τετραγωνικό εκατοστό, μειώθηκε κατά -0,72% από την 1^η στην 15^η εβδομάδα, κατά -0,73% από την 15^η στην 31^η εβδομάδα και συνολική μείωση από την 1^η στην 31^η εβδομάδα κατά -1,45% (Πίνακας 11, Γράφημα 12, Σχήμα 13, Σχήμα 14).

Πίνακας 11. Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση της μάζας των μετάλλων των οστών και της οστικής πυκνότητας

ΕΒΔΟΜΑΔΑ	1 ^η σε 15 ^η	15 ^η σε 31 ^η	1 ^η σε 31 ^η
Ποσοστό			
Μεταβολής μάζας των			
μετάλλων των	-1,22%	-3,52%	-4,7%
οστών (BMC)			
Ποσοστό			
Μεταβολής			
Οστικής πυκνότητας	-0,72%	-0,73%	-1,45%
(BMD)			



Σχήμα 13. Ατομικά δεδομένα της οστικής μάζας σε σχέση με το χρόνο



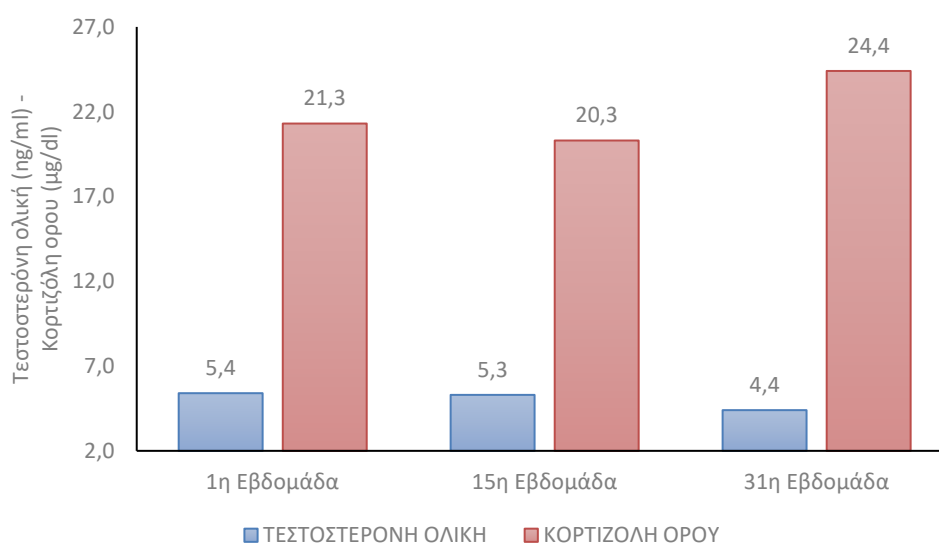
Σχήμα 14. Ατομικά δεδομένα της οστικής πυκνότητας σε σχέση με το χρόνο

3.13. Περιοδική αξιολόγηση της ολικής τεστοστερόνης και κορτιζόλης ορού

Στην αξιολόγηση των βιοχημικών δεικτών της τεστοστερόνης παρουσιάστηκε μείωση κατά -1,85% από την 1^η στην 15^η εβδομάδα, -16,98% από την 15^η στην 31^η εβδομάδα και συνολική μείωση κατά 18,52% από την 1^η στην 31^η εβδομάδα. Η κορτιζόλη ορού μειώθηκε κατά -4,69% από την 1^η στην 15^η εβδομάδα, αυξήθηκε κατά 20,20% από την 15^η στην 31^η εβδομάδα και συνολικά αυξήθηκε από την 1^η στην 31^η εβδομάδα κατά 14,55% (Πίνακας 12, Σχήμα 15).

Πίνακας 12. Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση της Ολικής Τεστοστερόνης και Κορτιζόλης Ορού

ΕΒΔΟΜΑΔΑ	1 ^η σε 15 ^η	15 ^η σε 31 ^η	1 ^η σε 31 ^η
Ποσοστό			
Μεταβολής			
Ολικής	-1,85%	-16,98%	-18,52%
Τεστοστερόνης			
Ποσοστό			
Μεταβολής	-4,69%	20,20%	14,55%
Κορτιζόλης Ορού			



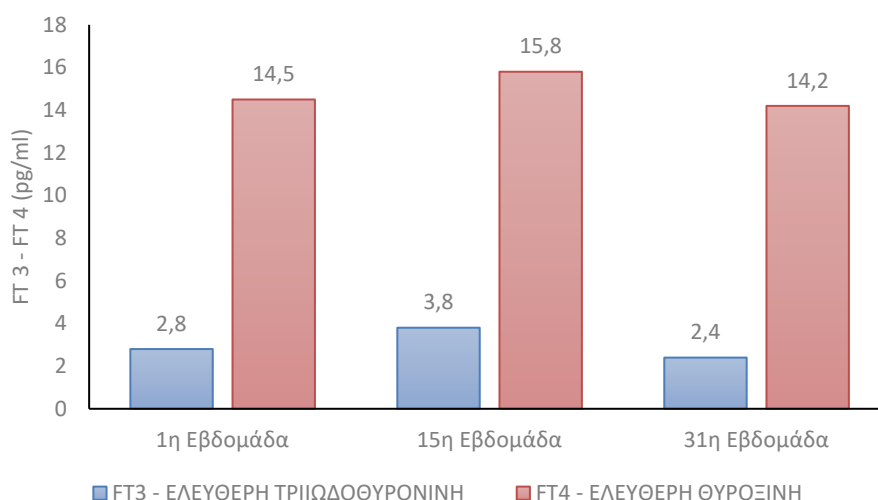
Σχήμα 15. Ατομικά δεδομένα ολικής τεστοστερόνης και της κορτιζόλης ορού σε σχέση με το χρόνο

3.14. Περιοδική αξιολόγηση της ελεύθερης τριωδοθυρονίνης και ελεύθερης θυροξίνης

Στην αξιολόγηση των βιοχημικών δεικτών της ελεύθερης τριωδοθυρονίνης παρουσιάστηκε αύξηση κατά 35,71% από την 1^η στην 31^η εβδομάδα, μειώθηκε κατά -36,84% από την 15^η στην 31^η εβδομάδα με συνολική μείωση από την 1^η στην 31^η εβδομάδα κατά -14,29%. Η ελεύθερη θυροξίνη αυξήθηκε κατά 8,97% από την 1^η στην 15^η εβδομάδα, μειώθηκε κατά -10,13% από την 15^η στην 31^η εβδομάδα με συνολική μείωση από την 1^η στην 31^η εβδομάδα κατά -2,07% (Πίνακας 13, Σχήμα 16).

Πίνακας 13. Ποσοστιαία μεταβολή από μέτρηση σε μέτρηση της Ελεύθερης Τριωδοθυρονίνης και Ελεύθερης Θυροξίνης

ΕΒΔΟΜΑΔΑ	1 ^η σε 15 ^η	15 ^η σε 31 ^η	1 ^η σε 31 ^η
Ποσοστό			
Μεταβολής			
Ελεύθερης	35,71%	-36,84%	-14,29%
Τριωδοθυρονίνης			
Ποσοστό			
Μεταβολής	8,97%	-10,13%	-2,07%
Ελεύθερης Θυροξίνης			



Σχήμα 16. Ατομικά δεδομένα ελεύθερης τριωδοθυρονίνης (FT3) και ελεύθερης θυροξίνης (FT4) σε σχέση με το χρόνο

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα έρευνα παρουσίασε δεδομένα που αφορούν μεταβολές σε παραμέτρους σύστασης σώματος, μυϊκής απόδοσης, οστικής πυκνότητας και βιοχημικών δεικτών, που συμβαίνουν σε έναν αθλητή φυσικής σωματοδόμησης κατά τη διάρκεια προετοιμασίας για αγώνα-στόχο. Η επίτευξη μιας συγκεκριμένης σύστασης σώματος και σωματικής εικόνας είναι μία χρονοβόρα διαδικασία η οποία διαταράσσει την ομοιότητα του οργανισμού. Στα αποτελέσματα της μελέτης διαπιστώθηκε ότι η ενεργειακή πρόσληψη του αθλητή χρειάστηκε να μειωθεί κατά 26,02% από την 1^η έως την 31^η εβδομάδα ενώ η ημερήσια φυσική δραστηριότητα μέσω βημάτων να αυξηθεί κατά 236,89%, με την μυϊκή αντοχή στο άνω μέρος να παρουσιάζει σχετική μείωση κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας, ενώ στο κάτω μέρος να κορυφώνεται θετικά στο μέσο αυτής. Θετικά αποτελέσματα παρουσιάστηκαν και στην επίδοση στο κάθετο άλμα, η οποία αυξήθηκε κατά 6,07% από την 1^η στην 31^η εβδομάδα. Η σύσταση του σώματος βελτιώθηκε σε μεγάλο βαθμό και συγκεκριμένα η λιπώδης μάζα μειώθηκε κατά -76,55%, ενώ η άλιπη μάζα διασφαλίστηκε ικανοποιητικά μειώνοντας την -4,66%. Η οστική μάζα και η οστική πυκνότητα επηρεάστηκαν αρνητικά και με γραμμική μείωση -4,7% και -1,45%, αντίστοιχα. Μείωση παρατηρήθηκε και στους καρδιακούς παλμούς ενώ σχετικά στάσιμη παρουσιάστηκε η οξυγόνωση των μυών κατά την ηρεμία. Η μυϊκή αντοχή στο άνω μέρος παρουσίασε σχετική μείωση κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας, ενώ στο άνω μέρος κορυφώθηκε θετικά στο μέσο.

Ο αθλητής ακολούθησε οδηγίες που αφορούσαν την μεγιστοποίηση της μυϊκής υπερτροφίας. Ο λόγος ερεθίσματος/κόπωση λαμβάνονταν υπόψη και τροποποιούνταν κατάλληλα η προπονητική επιβάρυνση με τον αθλητή να έχει μία σταδιακή αύξηση της ποσότητας κατά τη διάρκεια των μεσόκυκλων όπως προτείνουν οι Israel et al. (2020) και οι χρησιμοποιούμενες εντάσεις κάλυπταν ένα μεγάλο εύρος επαναλήψεων από 4 έως 20 με ποσοστιαία μεγαλύτερη χρήση στις 8-13 επαναλήψεις. Παρόμοια διαχείριση αναφέρουν και οι Kistler et.al. (2014) όπου αθλητής φυσικής σωματοδόμησης χρησιμοποιούσε περιοδικά εύρος 3-8 και 8-15 επαναλήψεων.

Όσον αφορά τη διατροφή οι Helms et al. (2014) πρότειναν για τους αθλητές φυσικής σωματοδόμησης μία μείωση της τάξης 0,5-1% του σωματικού βάρους την εβδομάδα με αυξημένη ημερήσια κατανάλωση πρωτεΐνης 2,3-3,1 γρ/κιλό άλιπης

σωματικής μάζας την ημέρα, πρόσληψη λιπαρών της τάξης 15-30% των ημερήσιων θερμίδων και οι υπόλοιπες θερμίδες να προέρχονται από τους υδατάνθρακες. Αθλητές υψηλού επιπέδου φαίνεται να δίνουν ιδιαίτερη βαρύτητα σε δίαιτες που αποτελούνται από υψηλή ποσότητα πρωτεϊνών και υδατανθράκων και χαμηλή ποσότητα λιπαρών και φαίνεται ότι αυτοί που τερμάτισαν στις πρώτες θέσεις είχαν μεγαλύτερη κατανάλωση σχετικά μεγαλύτερες ποσότητες υδατανθράκων από ότι οι αθλητές που τερμάτισαν στις τελευταίες θέσεις (Chappell et al., 2018). Σε αυτές τις γενικές οδηγίες βασίστηκε και ο αθλητής που μελετήσαμε, με τις κατάλληλες τροποποιήσεις. Χρειάστηκε διαρκώς να μειώνει την θερμιδική του πρόσληψη και να αυξάνει τη φυσική δραστηριότητα, χωρίς την προσθήκη ηθελημένης αερόβιας άσκησης, για να βρίσκεται εντός του προμελετημένου στόχου και με παρόμοια αποτελέσματα να εμφανίζονται και στους Mitchell et al. (2018), όπου η λιπώδης μάζα μειώθηκε σε μεγαλύτερο βαθμό από την άλιπη μάζα. Αξίζει να σημειωθεί ότι παρόλο που η ημερήσια πρόσληψη πρωτεΐνης ήταν υψηλή, για κάθε 1 κιλό λιπώδους μάζας μειώνονταν 258 γρ άλιπης μάζας. Στον αθλητή που αξιολογήθηκε για κάθε 1 κιλό μείωσης της λιπώδους μάζας, μειώνονταν 190 γρ άλιπης μάζας. Σε μελέτη περίπτωσης των Kistler et al. (2014), ο αθλητής έχασε συνολικά 15,3 κιλά σε 28 εβδομάδες από τα οποία τα 6,6 κιλά αντιστοιχούν σε άλιπη μάζα και τα 10,4 κιλά σε λιπώδης μάζα και κατ' επέκταση για κάθε 1 κιλό λιπώδους ιστού μειωνόταν 634γρ άλιπης μάζας.

Η περίοδος μετά τον αγώνα συνήθως περιλαμβάνει αύξηση της ενεργειακής πρόσληψης με σκοπό τις φυσιολογικές επαναφορές και την ψυχολογική ώθηση. Ο αθλητής 2 εβδομάδες μετά τον αγώνα αύξησε το σωματικό του βάρος κατά 5,7 κιλά από τα οποία τα 2,7 κιλά αποτελούσαν λιπώδης μάζα και τα 3 κιλά άλιπη μάζα. Σε παρόμοια μελέτη περίπτωσης των Rossow et al. (2013) ο αθλητής σωματοδόμησης 2 εβδομάδες μετά τον αγώνα στην ίδια αύξηση βάρους των 5,7 κιλών, τα 1,4 κιλά προήλθαν από την άλιπη μάζα. Η απώλεια της μυϊκής μάζας μπορεί να επανέλθει γρήγορα σε σχέση με τον χρόνο που χρειάστηκε για να αποκτηθεί αρχικά και όπως φαίνεται αθλήτριες κατάφεραν σε 6 εβδομάδες μετά την περίοδο αποπροπόνησης να φτάσουν τα αρχικά επίπεδα που χρειάστηκαν 20 εβδομάδες για να επιτευχθούν (Staron et al., 1991). Παρ' όλα αυτά, στη περίπτωση του αθλητή που αξιολογήθηκε, ο χρόνος επανεξέτασης ήταν 2 εβδομάδες και η «μυϊκή μνήμη» ίσως να μην είναι ο κύριο λόγος της επαναφοράς της άλιπης μάζας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι μεγάλες διαφορές στα ενδομυϊκά υγρά το συγκεκριμένο διάστημα που πιθανόν να επηρέασαν τα αποτελέσματα

και εκτιμούμε ότι η ραγδαία αύξηση της μυϊκής μάζας οφείλεται κυρίως στην εναπόθεση μυϊκού γλυκογόνου.

Όσον αφορά τη μυϊκή αντοχή, ο αθλητής στο άνω μέρος του σώματος παρουσίασε σταδιακή μείωση όπου την 1^η εβδομάδα καταγράφηκαν 21 επαναλήψεις ενώ στην 31^η εβδομάδα 16, στην ίδια εξωτερική αντίσταση. Στο κάτω μέρος του σώματος την 1^η εβδομάδα κατέγραψε 16 επαναλήψεις, κορυφώθηκε στην 21^η εβδομάδα με 20 επαναλήψεις και 16 επαναλήψεις στην 31^η εβδομάδα. Παρόμοια αποτελέσματα με μείωση της απόδοσης αναφέρουν και οι Rossow et al. (2013), όπου κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας αθλητή η δύναμη στις πιέσεις στήθους σε οριζόντιο πάγκο μειώθηκε κατά -8,4% και δεν είχε επανέλθει στα αρχικά επίπεδα ακόμα και 6 μήνες μετά. Σε άλλη έρευνα με δείγμα 4 γυναίκες αθλήτριες παρουσίασαν μείωση της μυϊκής τους δύναμης σε διάστημα 6 εβδομάδων κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας τους, μη κατορθώνοντας να φτάσουν τα αρχικά επίπεδα της 1ME (Gwazdauskas, 2016). Η σταδιακή μείωση της δύναμης μπορεί να εξηγηθεί με τη μείωση στη μυϊκή μάζα κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας, ενώ η αρχική αύξηση της δύναμης στο κάτω μέρος μπορεί να είναι αποτέλεσμα του μειωμένου συνολικού φορτίου που υπερνικούνταν στην άσκηση βουλγάριο κάθισμα με αλτήρες, καθώς το βάρος του αθλητή μειωνόταν. Η μείωση των επαναλήψεων στις τελευταίες εβδομάδες εξηγείται με την αυξημένη κόπωση του αθλητή, το μειωμένο γλυκογόνο και τη μειωμένη μυϊκή μάζα.

Η απόδοση στο κατακόρυφο άλμα είχε ανοδική τάση με αύξηση 6,07% από την 1^η στην 31^η εβδομάδα. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν και οι Mero et al. (2010), όπου η εβδομαδιαία μείωση του σωματικού βάρους κατά 1 κιλό για 4 εβδομάδες βελτίωσαν την απόδοση στο κάθετο άλμα από $46 \pm 2,4$ cm σε 47 ± 3 cm ($p=0,02$). Σε αθλητές πάλης οι οποίοι ακολούθησαν απότομη μείωση του σωματικού του βάρους σε διάστημα 3 εβδομάδων, η απόδοση του κάθετου άλματος δεν επηρεάστηκε (Fogelholm et al., 1993). Η πιθανή εξήγηση για την αύξηση της επίδοσης στο κάθετο άλμα είναι το μειωμένο βάρος που έπρεπε να υπερνικάει κάθε φορά ο αθλητής. Παράλληλα η διατήρηση της απόδοσης στη μυϊκή αντοχή στις βουλγάριες προβολές μπορεί να συνέβαλε θετικά.

Η καρδιακή συχνότητα παρουσίασε μείωση με την πάροδο των εβδομάδων από 54 bpm σε 44 bpm, όπως συνέβη και σε μελέτη περίπτωσης των Kistler et al. (2014) όπου υπήρχε μείωση από 77 bpm σε 44 bpm και των Rossow et al. (2013), όπου μειώθηκε από 53 bpm σε 27 bpm. Στη τελευταία περίπτωση οι 27 παλμοί το λεπτό ενώ θεωρείται

«ακραία» τιμή, έχει ξαναεμφανιστεί στο γνωστό πείραμα της Μινεσότα (Minnesota starvation experiment). Πιθανή εξήγηση είναι οι μειωμένες λειτουργικές διεργασίες λόγω μειωμένου βάρους και όχι η βελτίωση του καρδιοαναπνευστικού προφίλ, καθώς στον αθλητή δεν συμπεριλαμβάνονταν άσκηση για αυτόν τον σκοπό.

Η μείωση στην οστική μάζα και στην οστική πυκνότητα κατά τη διάρκεια της προαγωνιστικής περιόδου 31 εβδομάδων, παρόλο που συμπεριλαμβάνονταν άσκηση αντιστάσεων, δεν προκαλεί έκπληξη καθώς έχει παρατηρηθεί ότι μείωση βάρους η οποία προήλθε από περιορισμό της θερμιδικής πρόσληψης συμβάλει αρνητικά στους παραπάνω παράγοντες (Compston et al., 1992; Hinton et al., 2012). Πιθανή εξήγηση είναι η έλλειψη ασβεστίου και βιταμίνης D, που επηρεάζουν το μεταβολισμό των οστών (Muschitz et al., 2016). Σε αντίθεση σε έρευνα των Sagayama (2020) σε αθλητικό επίπεδο η απότομη μείωση του βάρους δεν συσχετίστηκε με μείωση στην οστική πυκνότητα και πιθανόν ο συντελεστής βαρύτητας της διάρκειας της δίαιτας είναι μεγαλύτερος από την ένταση του ελλείμματος. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε μελέτη περίπτωσης των Kistler et al. (2014) σε αθλητή σωματοδόμησης, η οστική πυκνότητα αυξήθηκε από 1,35 gr/cm² σε 1,42 gr/cm² σε 28 εβδομάδες προετοιμασίας. Η διαφορά με τον αθλητή που αξιολογήθηκε ήταν η παρουσία άσκησης με κραδασμούς(τρέξιμο) μέσω αυτών καθώς, επίσης, και η χρήση συμπληρώματος με λάδι ψαριού που έχει θετικές επιδράσεις στην υγεία των οστών (Rozner et al., 2020).

Μεταβολές εντοπίστηκαν και στο βιοχημικό προφίλ από τη μέση της προετοιμασίας και έπειτα όταν το ποσοστό σωματικού λίπους μειώθηκε κάτω από τα φυσιολογικά όρια. Η τεστοστερόνη μειώθηκε σε σχετικά μικρό βαθμό από 5,3 ng/ml σε 4,4 ng/ml από την 15^η στην 31^η εβδομάδα σε σχέση με άλλο αθλητή όπου παρατηρήθηκε μείωση από 9,2 ng/ml σε 2,2 ng/ml (Rossow et al., 2013). Σε άλλη μελέτη περίπτωσης, όπου η τεστοστερόνη, η τριωδοθυρονίνη και η θυροξίνη μειώθηκαν επίσης ενώ η κορτιζόλη αυξήθηκε από 25,2 μg/dl σε 26,5 μg/dl κατά τη διάρκεια προετοιμασίας 8 μηνών αθλητή φυσικής σωματοδόμησης (Pardue et al., 2017). Στο αθλητή που αξιολογήσαμε παρατηρήθηκε μεγαλύτερη αύξηση από 20,3mg/dl σε 24,4 mg/dl από την 15^η στην 31^η εβδομάδα με την συνολική αύξηση να είναι από 21,3 mg/dl σε 24,4 mg/dl. Η ελεύθερη τριωδοθυρονίνη αυξήθηκε μέχρι το μέσο της προετοιμασίας κατά 35,71% και έπειτα μειώθηκε κατά -36,84% από την 15^η στην 31^η εβδομάδα. Παρόμοια μεταβολή παρουσίασε και η ελεύθερη θυροξίνη όπου αρχικά αυξήθηκε κατά 8,97% από την 1^η στην

15^η εβδομάδα και μειώθηκε κατά 10,13% από την 15^η στην 31^η εβδομάδα. Εκτιμάται ότι η μειωμένη πρόσληψη λιπαρών επηρέασε αρνητικά την παραγωγή της τεστοστερόνης. Μία ακόμα παράμετρος που επηρεάζει το ορμονικό προφίλ κατά τη διάρκεια της υποθερμιδικής διατροφής είναι ο ρυθμός μείωσης του βάρους όπως φαίνεται από την έρευνα των Mero et al. (2010), όπου στις αθλήτριες που μείωναν το εβδομαδιαίο βάρος κατά 1 κιλό μειώθηκαν και σε μεγαλύτερο βαθμό τα επίπεδα τεστοστερόνης από ότι στις αθλήτριες που μείωναν το σωματικό βάρος κατά 0,5 κιλά.

Εν κατακλείδι, ο αθλητής ακολούθησε τις προπονητικές και διατροφικές συστάσεις με αναμενόμενα θετικά αποτελέσματα όσον αφορά τη σύσταση του σώματος και μεγάλη επιτυχία καθώς κατέκτησε την 1^η θέση στο Πανελλήνιο πρωτάθλημα σωματικής διάπλασης. Παράλληλα προσδιορίστηκαν οι κίνδυνοι της παρατεταμένης υποθερμιδικής διατροφής σε συνδυασμό με τα πολύ χαμηλά ποσοστά λίπους στην κατάσταση των οστών και στους βιοχημικούς δείκτες, τονίζοντας την προσεκτική προσέγγιση που απαιτείται από μελλοντικές προσπάθειες αθλητών. Μελλοντικές έρευνες μπορούν να εστιάσουν στον κύριο παράγοντα που ευθύνονται οι αρνητικές συνέπειες τις προαγωνιστικής περιόδου. Είναι η παρατεταμένη διάρκεια της προετοιμασίας αυτή που επηρεάζει το ορμονικό προφίλ ή το μέγεθος του ελλείμματος της προσλαμβανόμενης ενέργειας; Μήπως ο αθλητής συνίσταται να ξεκινάει την προαγωνιστική του περίοδο με καλύτερη σύσταση και να αποφύγει τη παρατεταμένη έκθεση του σε αυξημένο στρες; Κρίνεται η χρήση συγκεκριμένων συμπληρωμάτων απαραίτητη για τους δείκτες υγείας των οστών των συγκεκριμένων αθλητών, εφόσον είναι δύσκολη η πλήρωση μέσω διατροφής; Η φυσική σωματοδόμηση έρχεται στο προσκήνιο τα τελευταία χρόνια και ακόμα υπάρχουν πολλά αναπάντητα ερωτήματα καθώς είναι από τα αθλήματα που εμπλέκονται πολλοί εσωτερικοί και εξωτερικοί παράγοντες, αλλά η επιστήμη καλύπτει ικανοποιητικά τα «κενά» με την πάροδο του χρόνου.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η φυσική σωματοδόμηση αποτελεί ένα άθλημα που εκφράζει την καλαισθησία η οποία έρχεται μέσω της αυξημένης μυϊκής μάζας και του μειωμένου ποσοστού λίπους. Σκοπός της μελέτης ήταν να αξιολογήσει τη σύσταση του σώματος όπου βελτιώθηκε, το ορμονικό προφίλ όπου μεταβλήθηκε αρνητικά και την οστική πυκνότητα όπου μειώθηκε γραμμικά σε αθλητή φυσικής σωματοδόμησης με διακρίσεις σε πανελλήνιο και βαλκανικό επίπεδο. Ο αργός ρυθμός μείωσης του βάρους, η υψηλή πρόσληψη πρωτεΐνης και τα προπονητικά πρωτόκολλα που ακολουθήθηκαν συνέβαλλαν θετικά στην επιτυχία του αθλητή. Οι προσαρμοσμένες κατευθυντήριες οδηγίες μεγιστοποίησης της προπόνησης και της διατροφής είχαν ως αποτέλεσμα την μεγάλη μείωση του λιπώδους ιστού και λιγότερο της μυϊκής μάζας, ενώ δεν αποφεύχθηκαν η μείωση της τεστοστερόνης και της οστικής πυκνότητας. Η διαφοροποίηση συγκεκριμένων επιμέρους παραμέτρων ίσως έχει θετική δράση στις αρνητικές μεταβολές που παρουσιάστηκαν.

6.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ahtiainen, J.P., Walker, S., Peltonen, H., Holviala, J., Sillanpää, E., Karavirta, L., Sallinen, J., Mikkola, J., Valkeinen, H., Mero, A., Hulmi, J.J. and Häkkinen, K. (2016). Heterogeneity in resistance training-induced muscle strength and mass responses in men and women of different ages. *Age (Dordrecht, Netherlands)*. 38(1): 10.
2. Antonio, J., Ellerbroek, A., Silver, T., Orris, S., Scheiner, M., Gonzalez, A. and Peacock, C.A. (2015). A high protein diet (3.4 g/kg/d) combined with a heavy resistance training program improves body composition in healthy trained men and women – a follow-up investigation. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 12: 39.
3. Ashtary-Larky, D., Ghanavati, M., Lamuchi-Deli, N., Payami, S.A., Alavi-Rad, S., Boustaninejad, M., Afrisham, R., Abbasnezhad, A. and Alipour, M. (2017). Rapid Weight Loss vs. Slow Weight Loss: Which is More Effective on Body Composition and Metabolic Risk Factors?. *International Journal of Endocrinology and Metabolism*. 15(3):e13249.
4. Barbalho, M., Coswig, V.S., Steele, J., Fisher, J.P., Paoli, A. and Gentil, P. (2020) Evidence of a Ceiling Effect for Training Volume in Muscle Hypertrophy and Strength in Trained Men - Less is More? *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 15(2):268-277.
5. Barbalho, M., Coswig, V.S., Steele, J., Fisher, J.P., Giessing, J. and Gentil, P. (2020). Evidence for an Upper Threshold for Resistance Training Volume in Trained Women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 51(3):515-522.
6. Campbell, B.I., Aguilar, D. Colenso-Semple, L.M., Hartke, K., Fleming, A.a.r., Fox, C.D., Longstrom, J.M., Rogers, G.E., Mathas, D.B., Wong, V., Ford, S. and Gorman, J. (2020). Intermittent Energy Restriction Attenuates the Loss of Fat Free Mass in Resistance Trained Individuals. A Randomized Controlled Trial. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*. 5(1): 19.
7. Camps, S.G.J.A., Verhoef, S.P.M. and Westerterp, K.R. (2013). Weight loss, weight maintenance, and adaptive thermogenesis. *American Journal of Clinical Nutrition*. 97(5):990-994.
8. Cava, E., Yeat, N.C. and Mittendorfer, B. (2017). Preserving Healthy Muscle during Weight Loss. *Advances in Nutrition*. 8(3): 511–519.
9. Chappell, A.J., Simper, T. and Barker, M.E. (2018) Nutritional strategies of high level natural bodybuilders during competition preparation. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 15: 4.
10. Compston, J.E., Laskey, M.A., Croucher, P.I., Coxon, A. and Kreitzman, S. (1992). Effect of diet-induced weight loss on total body bone mass. *Clinical Science (London)*. 82(4):429-32.

11. Damas, F., Libardi, C.A. and Ugrinowitsch, C. (2018). The development of skeletal muscle hypertrophy through resistance training: the role of muscle damage and muscle protein synthesis. *European Journal of Applied Physiology*. 118: 485–500.
12. Davidson, K., Mandell, A. and Fagan, J.M. (2015). Bodybuilders develop binge eating disorders post competition: a survey. Retrieved from <https://doi.org/doi:10.7282/T34170DQ>.
13. Eneko, B.V., Maelán, F.V. and Jordan, S.C. (2021). Total Number of Sets as a Training Volume Quantification Method for Muscle Hypertrophy: A Systematic Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 35(3):870-878.
14. Evans, J.W. (2019). Periodized Resistance Training for Enhancing Skeletal Muscle Hypertrophy and Strength: A Mini-Review. *Frontiers in Physiology*. 10: 13.
15. Fogelholm, G.M., Koskinen, R., Laakso, J., Rankinen, T. and Ruukonen, I. (1993). Gradual and rapid weight loss: effects on nutrition and performance in male athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 25(3):371-7.
16. Freire, R. (2020). Scientific evidence of diets for weight loss: Different macronutrient composition, intermittent fasting, and popular diets. *Nutrition*. 69: 110549.
17. Grgic, J., Lazinica, B., Mikulic, P., Krieger, J.W. and Schoenfeld, B.J. (2017). The effects of short versus long inter-set rest intervals in resistance training on measures of muscle hypertrophy: A systematic review. *European Journal of Sport Science*. 17(8): 983-993.
18. Grgic, J. and Schoenfeld, B.J. (2018). Are the Hypertrophic Adaptations to High and Low-Load Resistance Training Muscle Fiber Type Specific?. *Frontiers in Physiology*. 9: 402.
19. Gwazdauskas, S. G., (2016). "Female Natural Bodybuilding Competition Preparation: A 6-Week Case Study". Electronic Theses and Dissertations. 1463. <https://digitalcommons.georgiasouthern.edu/etd/1463>.
20. Helms, E.R. Aragon, A.A. and Fitschen, P.J. (2014) Evidence-based recommendations for natural bodybuilding contest preparation: nutrition and supplementation. *J Int Soc Sports Nutr*. 11:20.
21. Helms, E.R., Cronin, J., Storey, A, and Zourdos, M.C. (2016). Application of the Repetitions in Reserve-Based Rating of Perceived Exertion Scale for Resistance Training. *Strength and Conditioning Journal*. 38(4): 42–49.
22. Helms, E.R., Fitschen, P.J., Aragon, A.A., Cronin, J. and Schoenfeld, B.J. (2015). Recommendations for natural bodybuilding contest preparation: resistance and cardiovascular training. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 55(3):164-78.

23. Hill, J.O., Wyatt, H.R. and Peters, J.C. (2013). The Importance of Energy Balance. *European Endocrinology*. 9(2): 111–115.
24. Hinton, P.S., Rector, R.S., Linden, M.A., Warner, S.O., Dellsperger, K.C., Chockalingam, A., Whaley-Connell, A.T., Liu, Y. and Thomas, T.R. (2012). Weight-loss-associated changes in bone mineral density and bone turnover after partial weight regain with or without aerobic exercise in obese women. *European Journal of Clinical Nutrition*. 66(5):606-12.
25. Hulmi, J. J., Isola, V., Suonpää, M., Järvinen, N.J., Kokkonen, M., Wennerström, A., Nyman, K., Perola, M., Ahtiainen, J.P. and Häkkinen, K. (2016). The Effects of Intensive Weight Reduction on Body Composition and Serum Hormones in Female Fitness Competitors. *Frontiers in Physiology*. 7: 689.
26. Iraki, J., Fitschen, P., Espinar, S. and Helms, E. (2019). Nutrition Recommendations for Bodybuilders in the Off-Season: A Narrative Review. *Sports (Basel)*. 7(7): 154.
27. Israetel M., Hoffman, J., Davis, M. and Feather, J. (2020). *Scientific principles of hypertrophy training*. Independently Published, 37-39.
28. Israetel M., Hoffman, J., Davis, M. and Feather, J. (2020). *Scientific principles of hypertrophy training*. Independently Published, 68-69.
29. Jlid, M.C, Maffulli, N., Elloumi, M., Moalla, W. and Paillard, T. (2013). Rapid weight loss alters muscular performance and perceived exertion as well as postural control in elite wrestlers. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 53(6):620-7.
30. Kistler, B.M., Fitschen, P.J., Ranadive, S.M., Fernhall, B., Wilund, K.R. (2014). Case study: Natural bodybuilding contest preparation. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 24(6):694-700.
31. Kraemer, W.J., Häkkinen, K., Travis, T.M.N., Fly, A.C., Perry K.L., Ratamess, N.A., Bauer, J.E., Volek, J.S., Mcconnell, T., Newton, R.U., Gordon, S.E., Cummings, D., Hauth, J., Pullo, F., Michael L.J., Mazzetti, S.A. and Knuttgen, H.G. (2003). Physiological Changes with Periodized Resistance Training in Women Tennis Players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*: 35(1): 157-168.
32. Lambert, C.P., Frank, L.L. and Evans, W.J. (2004). Macronutrient Considerations for the Sport of Bodybuilding. *Sports Medicine*. 34, 317–327.
33. Lopez, P., Radaelli, R., Taaffe, D.R., Newton, R.U., Galvão, D.A., Trajano, G.S., Teodoro, J.L., Kraemer, W.J., Häkkinen, K. and Pinto, R.S. (2021). Resistance Training Load Effects on Muscle Hypertrophy and Strength Gain: Systematic Review and Network Meta-analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 53(6):1206-1216.

34. Mero A.A, Huovinen H., Matintupa, O., Hulmi, J.J., Puurtinen, R., Hohtari, H. and Karila, T.A.(2010). Moderate energy restriction with high protein diet results in healthier outcome in women. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 25;7(1):4.
35. Mesinovic, J., Jansons, P., Zengina, A., Courtena, B.d., Rodriguez, A.J, Daly, R.M., Ebeling, P.R. and Scott, D. (2021). Exercise attenuates bone mineral density loss during diet-induced weight loss in adults with overweight and obesity: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*. 10(5): 550-559.
36. Mitchell, C.J., Churchward-Venne, T.A., West, D.W.D., Burd, N.A., Breen, L., Baker, S.K. and Phillips, S.M. (2012). Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. *Journal of Applied Physiology*. 113: 71–77.
37. Mitchell, L., Hackett, D., Gifford, J. Estermann, F. and O'Connor, H. (2017). Do Bodybuilders Use Evidence-Based Nutrition Strategies to Manipulate Physique? *Sports (Basel)*. 5(4): 76.
38. Mitchell, L., Slater , G., Hackett, D., Johnson, N. and O'connor, h. (2018). Physiological implications of preparing for a natural male bodybuilding competition. *European Journal of Sport Science*. 18(5):619-629.
39. Minguez-Alarcón, L., Chavarro, J.E., Mendiola, J., Roca, M.,Tanrikut, C., Vioque, J., Jørgensen, N. andTorres-Cantero, A.M. (2017). Fatty acid intake in relation to reproductive hormones and testicular volume among young healthy men. *Asian Jouenal of Andrology*. 19(2):184-190.
40. Morton, R. W., Murphy, K.T., McKellar, S.R., Schoenfeld, B.J., Henselmans, M., Helms, E., Aragon, A.A., Devries, M.C., Banfield, L., Krieger, J.W. and Phillips, S.M. (2018). A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *British Journal of Sports Medicine*. 52(6): 376–384.
41. Muschitz, C., Kocijan, R., Haschka, J., Zendeli, A., Pirker, T., Geiger, C., Müller, A., Tschinder, B., Kocijan, A., Marterer, C., Nia, A., Muschitz, G.K., Resch, H. and Pietschmann, P. (2015). The Impact of Vitamin D, Calcium, Protein Supplementation, and Physical Exercise on Bone Metabolism After Bariatric Surgery: The BABS Study. *Journal of Bone and Mineral Research*. 31: 672-682.
42. Njeh, C.F., Fuerst, T., Hans, D., Blake, G.M., and Genant, H.K. (1999). Radiation exposure in bone mineral density assessment. *Applied Radiation and Isotopes*. 50(1):215-36.
43. Pardue, A., Trexler, E.T. and Sprod, L.K. (2017). Case Study: Unfavorable But Transient Physiological Changes During Contest Preparation in a Drug-Free Male Bodybuilder. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 27(6): 550-559.

44. Peos, J.J., Helms, E.R., Fournier, P.A., Krieger, J. and Sainsbury, A. (2021). A 1-week diet break improves muscle endurance during an intermittent dieting regime in adult athletes: A pre-specified secondary analysis of the ICECAP trial. *PLoS One*. 16(2): e0247292.
45. Pesta, D.H. & Samuel, V.T. (2014). A high-protein diet for reducing body fat: mechanisms and possible caveats. *Nutrition & Metabolism*. 11: 53.
46. Roberts, B.M., Helms, E.R., Trexler, E.T. and Fitschen, P.J. (2020). Nutritional Recommendations for Physique Athletes. *Journal of Human Kinetics*. 71: 79–108.
47. Robinson, S.L., Lambeth-Mansell, A., Gillibrand, G., Smith-Ryan, A. and Bannock, L. (2015). A nutrition and conditioning intervention for natural bodybuilding contest preparation: case study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 12: 20.
48. Rossow, L.M., Fukuda, D.H., Fahs, C.A., Loenneke, J.P. and Stout, J.R. (2013). Natural bodybuilding competition preparation and recovery: a 12-month case study. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 8(5):582-92.
49. Rozner, R., Vernikov, J., Griess-Fishheimer, S., Travinsky, T., Penn, S., Schwartz, B., Mesilati-Stahy, R., Argov-Argaman, N., Shahar, R. and Monsonego-Ornan, F. (2020). The Role of Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids from Different Sources in Bone Development. *Nutrients*. 12(11): 3494
50. Sagayama, H., Kondo, E., Tanabe, Y., Ohnishi, T., Yamada, Y. And Takahashi, H. (2020). Bone mineral density in male weight-classified athletes is higher than that in male endurance-athletes and non-athletes. *Clinical Nutrition ESPEN*. 36: 106-110.
51. Schiaffino, S., Reggiani, C., Akimoto, T. and Blaauwa, B. (2021). Molecular Mechanisms of Skeletal Muscle Hypertrophy. *Journal of Neuromuscular Diseases*. 8(2): 169–183.
52. Schoenfeld, B.J. (2010). The Mechanisms of Muscle Hypertrophy and Their Application to Resistance Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*: 24(10): 2857-2872.
53. Schoenfeld, B.J., Contreras, B., Krieger, J.W., Grgic, J., Delcastillo, K., Belliard, R. and Alto, A. (2019) Resistance Training Volume Enhances Muscle Hypertrophy but Not Strength in Trained Men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 51(1): 94–103.
54. Schoenfeld, B.J., Contreras, B., Ogborn, D., Galpin, A., Krieger, J. and Sonmez, G.T. (2016). Effects of Varied Versus Constant Loading Zones on Muscular Adaptations in Trained Men. *International Journal of Sports Medicine*. 37(6): 442-7.

55. Schoenfeld, B.J., Grgic, J., Every, D.W.V and Plotkin, D.L. (2021). Loading Recommendations for Muscle Strength, Hypertrophy, and Local Endurance: A Re-Examination of the Repetition Continuum. *Sports (Basel)*. 9(2): 32.
56. Schoenfeld, B.J., Ogborn, D. and Krieger, J.W. (2017). Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. *Journal of sports sciences*. 35(11):1073-1082.
57. Schoenfeld, B.J., Peterson, M.D., Ogborn, D., Contreras, B. and Sonmez, G.T. (2015). Effects of Low- vs. High-Load Resistance Training on Muscle Strength and Hypertrophy in Well-Trained Men. *Journal of Strength and Conditioning research*. 29(10):2954-63.
58. Schoenfeld, B.J., Pope, Z.K., Benik, F.M., Hester, G.M., Sellers, J., Nooner, J.L., Schnaiter, J.A., Bond-Williams, K.E., Carter, A.S., Ross, C.L., Just, B.L., Henselmans, M. and Krieger, J.W. (2016). Longer Interset Rest Periods Enhance Muscle Strength and Hypertrophy in Resistance-Trained Men. *Journal of Strength and Conditioning research*. 30(7): 1805-12.
59. Staron, R.S., Leonardi, M.J., Karapondo, D.L., Malicky, E.S., Falkel, J.E., Hagerman, F.C. and Hikida, R.S. (1991). Strength and skeletal muscle adaptations in heavy-resistance-trained women after detraining and retraining. *Journal of Applied Physiology*. 70(2):631-40.
60. Stokes, T., Hector, A.J., Morton, R.W., McGlory, C. and Phillips, S.M. (2018). Recent Perspectives Regarding the Role of Dietary Protein for the Promotion of Muscle Hypertrophy. *Nutrients*. 10(2): 180.
61. Sutton, E.F., Bray, G.A., Burton, J.H., Smith, S.R. and Redman, L.M. (2016). No evidence for metabolic adaptation in thermic effect of food by dietary protein . *Obesity (Silver Spring)*. 24(8): 1639–1642.
62. Wishnofski, M. (1958). Caloric equivalents of gained or lost weight. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 6(5): 542–546.
63. Wrzosek, M., Woźniak, J. and Włodarek, D. (2021). The effect of high-fat versus high-carb diet on body composition in strength-trained males. *Food Science & Nutrition*. 9(5): 2541-2548.