

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ**

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΟΝΗΣ ΔΙΑΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ ΜΕ  
ΦΟΡΤΗΤΟ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ ΣΤΗΝ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΥ ΗΡΕΜΙΑΣ  
ΥΠΕΡΒΑΡΩΝ ΕΝΗΛΙΚΩΝ ΑΤΟΜΩΝ**

της

Κουρέτσου Ειρήνης (ΑΕΜ 0715168)

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και  
Αθλητισμού και Διατροφής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Εγκεκριμένο από καθηγητικό σώμα:

Επιβλέπων καθηγητής: Φατούρος Ιωάννης Καθηγητής

ΤΡΙΚΑΛΑ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

### ΚΟΥΡΕΤΣΟΥ ΕΙΡΗΝΗ: Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΟΝΗΣ ΔΙΑΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ ΜΕ ΦΟΡΤΗΤΟ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ ΣΤΗΝ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΥ ΗΡΕΜΙΑΣ ΥΠΕΡΒΑΡΩΝ ΕΝΗΛΙΚΩΝ ΑΤΟΜΩΝ

(Υπό την επίβλεψη του Καθηγητή κ. Φατούρου Ιωάννη)

Η παχυσαρκία αποτελεί την πιο διαδεδομένη νόσο στον ανεπτυγμένο κόσμο και επιφέρει μεγάλη οικονομική επιβάρυνση στα συστήματα υγείας των κρατών. Κρίνεται απαραίτητη επομένως η εύρεση αποτελεσματικών μέσων για την αντιμετώπισή της. Αλλαγές στον τρόπο ζωής που αφορούν το ενεργειακό ισοζύγιο, όπως είναι η συμμετοχή σε κάποιο πρόγραμμα άσκησης μπορεί να βοηθήσουν. Οι μικρές αυξήσεις του μεταβολισμού ηρεμίας (RMR) που μπορούν να επέλθουν μέσω της προπόνησης θα μπορούσαν να έχουν μακροπρόθεσμα οφέλη για την πρόληψη και τη θεραπεία της παχυσαρκίας.

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί η επίδραση της έντονης διαλειμματικής κυκλικής προπόνησης 12 εβδομάδων με φορητό εξοπλισμό στη μεταβολή του μεταβολισμού ηρεμίας 24, 48 και 72 ώρες μετά από μια συνεδρία άσκησης.

Στην πειραματική ομάδα (ΠΟ) συμμετείχαν δέκα (ηλικία:  $42,6 \pm 2,3$  έτη;  $\Delta\text{Μ}\Sigma$ :  $32,1 \pm 2,2$   $\text{kg/m}^2$ ) παχύσαρκα άτομα, και άλλα δέκα (ηλικία:  $40,1 \pm 5,7$  έτη;  $\Delta\text{Μ}\Sigma$ :  $31,7 \pm 1,7$   $\text{kg/m}^2$ ) στην ομάδα ελέγχου (ΟΕ). Η παρέμβαση αφορούσε χωρίστηκε σε δυο ίσες φάσεις. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στην αρχή (πριν την παρέμβαση), στο τέλος της 1ης και στο τέλος της 2ης φάσης.

Στην πρώτη και στη δεύτερη φάση παρατηρήθηκε μείωση στο βάρος (-2,6% και -4,4%, αντίστοιχα), το  $\Delta\text{Μ}\Sigma$  (-2,6% και -4,5%, αντίστοιχα), το σωματικό λίπος (-4,3% και -5,9%, αντίστοιχα), και την περίμετρος μέσης (-1,7% και -3,8%, αντίστοιχα). Ο RMR αυξήθηκε στις 24, 48 και 72 ώρες μετά από άσκηση σε σχέση με πριν την άσκηση, τόσο στο τέλος της

πρώτης όσο και στο τέλος της δεύτερης φάσης. Οι μεγαλύτερες αυξήσεις παρατηρήθηκαν τις πρώτες 24 ώρες μετά από άσκηση, όπου αυξήθηκε περίπου κατά 5,2% μετά από την πρώτη φάση, ενώ κατά 6,8% μετά από τη δεύτερη φάση. Τέλος, όλοι οι εξεταζόμενοι δείκτες απόδοσης (δύναμης και της αντοχής) επηρεάστηκαν θετικά από την προπόνηση.

Συμπερασματικά, ένα εναλλακτικό πρωτόκολλο άσκησης διαφορετικό από τα παραδοσιακά που χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της δύναμης και της αντοχής με απώτερο στόχο την πρόληψη της υγείας, είναι ικανό να ανταποκριθεί στις ανάγκες υπέρβαρων και παχύσαρκων πληθυσμών και να βελτιώσει τόσο δείκτες απόδοσης της φυσικής κατάστασης όσο και να οδηγήσει σε απώλεια βάρους. Η αύξηση στο RMR που παρατηρήθηκε πιθανώς να συνέβαλλε σημαντικά στο επιθυμητό θερμιδικό έλλειμμα που οδήγησε στη μείωση του σωματικού βάρους.

**Λέξεις κλειδιά:** παχυσαρκία, μεταβολισμός ηρεμίας, θερμιδικό ισοζύγιο, έντονη διαλειμματική προπόνηση

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Αρχικά την Γεωργία, την Ελένη, την Ρίτα και την Έφη, τον Άρη τον Αριστοτέλη, τον Χαράλαμπο και την Εύη για την στήριξη και βοήθεια τους σε όλη τη διαδικασία.

Έπειτα τον Καθηγητή μου κ. Φατούρο Ιωάννη για όλη την καθοδήγηση και τις συμβουλές κατά τη διάρκεια των σπουδών μου, καθώς και την Καλλίοπη Γεωργακούλη για όλη τη βοήθεια και υποστήριξη κατά την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Αφιερώνω αυτή την εργασία στην οικογένεια μου ως μια μικρή ανταμοιβή όλης της υποστήριξης τόσο στα χρόνια των σπουδών μου όσο και στην πορεία της ζωής μου.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|  |    |
|--|----|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....   | 2  |
| ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....   | 5  |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....  | 6  |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....   | 7  |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ .....   | 8  |
| 1. Εισαγωγή .....  | 9  |
| 2. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας.....   | 15 |
| 2.1. Το πρόβλημα της παχυσαρκίας.....  | 15 |
| 2.2. Το θερμιδικό ισοζύγιο ως αιτιολογικός παράγοντας της παχυσαρκίας.....       | 17 |
| 2.3. Ο ρόλος του μεταβολισμού ηρεμίας για το θερμιδικό ισοζύγιο.....             | 21 |
| 2.4. Οι θετικές επιδράσεις της άσκησης στην παχυσαρκία .....                     | 22 |
| 2.5. Τα οφέλη της έντονης διαλειμματικής προπόνησης στο μεταβολισμό ηρεμίας..... | 26 |
| 2.6. Σημασία της μελέτης.....  | 28 |
| 2.7. Σκοπός της μελέτης.....   | 30 |
| 3. Μεθοδολογία.....  | 32 |
| 4. Στατιστική ανάλυση.....   | 42 |
| 5. Αποτελέσματα.....   | 43 |
| 6. Συζήτηση αποτελεσμάτων .....  | 49 |
| 7. Συμπεράσματα .....  | 60 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....   | 61 |

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ**

- Πίνακας 1.** Αρχικά ανθρωπομετρικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά συμμετεχόντων στην πειραματική (ΠΟ) και την ομάδα ελέγχου (ΟΕ) .....35
- Πίνακας 2.** Χαρακτηριστικά του προγράμματος άσκησης κατά τη διάρκεια της 1ης και της 2ης φάσης.....38
- Πίνακας 3.** Προπονητικά μέσα που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε φάση του προγράμματος.39

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

- Εικόνα 1.** Εικόνα 1. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων στην πειραματική ομάδα (ΠΟ) και την ομάδα ελέγχου (ΟΕ), πριν (PRE), στο τέλος της 1ης φάσης (ΦΑΣΗ1) και στο τέλος της 2ης φάσης (ΦΑΣΗ2) .....43
- Εικόνα 2.** Εικόνα 2. Δείκτες απόδοσης των συμμετεχόντων στην πειραματική ομάδα (ΠΟ) και την ομάδα ελέγχου (ΟΕ), πριν (PRE), στο τέλος της 1ης φάσης (ΦΑΣΗ1) και στο τέλος της 2ης φάσης (ΦΑΣΗ2).....46
- Εικόνα 3.** Μεταβολή του RMR μέχρι 72 ώρες μετά από άσκηση που πραγματοποιήθηκε αρχικά (BASELINE), στο τέλος της 1ης φάσης (ΦΑΣΗ1) και στο τέλος της 2ης φάσης (ΦΑΣΗ2) στην πειραματική ομάδα (Α) και την ομάδα ελέγχου (Β) .....48

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ**

|  |    |
|--|----|
| <b>Σχήμα 1.</b> Σχηματική απεικόνιση του ερευνητικού σχεδιασμού της παρέμβασης ..... | 33 |
| <b>Σχήμα 2.</b> CONSORT διάγραμμα ροής της μελέτης.....                              | 34 |



## 1. Εισαγωγή

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, η υπερβαρότητα και η παχυσαρκία είναι καταστάσεις όπου υπάρχει υπερβολική συσσώρευση λίπους, η οποία μπορεί να αποτελέσει κίνδυνο στην υγεία. Ο δείκτης μάζας σώματος (ΔΜΣ) αποτελεί έναν απλό και αδρό δείκτη παχυσαρκίας στους ενήλικες, ο οποίος ορίζεται ως εξής:  $\Delta\text{Μ}\Sigma = [\text{βάρος (kg)}] / [\text{ύψος (m)}^2]$ . Άτομα με  $\Delta\text{Μ}\Sigma >25$  θεωρούνται υπέρβαρα, ενώ άτομα με  $\Delta\text{Μ}\Sigma >30$  θεωρούνται παχύσαρκα. Όσο μεγαλύτερος ο ΔΜΣ, τόσο μεγαλύτερος ο κίνδυνος για την ανάπτυξη μη μεταδιδόμενων νοσημάτων, όπως καρδιαγγειακά, σακχαρώδης διαβήτης και διάφορες μορφές καρκίνου (Seidell & Halberstadt, 2015).

Η παχυσαρκία αποτελεί πλέον την πιο διαδεδομένη νόσο στον ανεπτυγμένο κόσμο. Έχει υπολογιστεί ότι πάνω από 1,9 δισεκατομμύρια ενήλικες (39% του πληθυσμού) είναι υπέρβαροι, εκ των οποίων τα 600 εκατομμύρια (13% του πληθυσμού) είναι παχύσαρκοι. Αυτά τα ποσοστά μεταφράζονται σε μεγάλη οικονομική επιβάρυνση για τα συστήματα υγείας των κρατών. Επομένως, κρίνεται απαραίτητο να ληφθούν δραστικά μέτρα για την αντιμετώπισή της.

Η μεγαλύτερη αιτία εμφάνιση της παχυσαρκίας αφορά την ανισορροπία μεταξύ της πρόσληψης και της δαπάνης ενέργειας προς όφελος της πρώτης, η οποία συμβαίνει για κάποιο δεδομένο χρονικό διάστημα. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται θερμιδικό ισοζύγιο (Dhurandhar et al., 2015). Έτσι, λοιπόν, όταν η πρόσληψη της ενέργειας υπερβαίνει την κατανάλωση της έχουμε ως αποτέλεσμα αύξηση του σωματικού βάρους (Anderson et al., 2015).

Αλλαγές στον τρόπο ζωής που αφορούν το ενεργειακό ισοζύγιο, όπως είναι η συμμετοχή σε κάποιο πρόγραμμα άσκησης, μπορεί να μειώσουν το σωματικό βάρος και να συμβάλλουν στην αντιμετώπιση της παχυσαρκίας (Aronian & Aronne, 2015). Το ενεργειακό ισοζύγιο αποτελείται από παράγοντες όπως την ενεργειακή πρόσληψη, δηλαδή το σύνολο των θερμίδων που προσλαμβάνονται από τη διατροφή, την ενεργειακή δαπάνη, η οποία

αντιπροσωπεύει το σύνολο των θερμίδων που καταναλώνει ο οργανισμός, καθώς και την αποθήκευση ενέργειας στο σώμα (Hill et al., 2003). Επιγραμματικά, η ενεργειακή δαπάνη έχει διαχωριστεί σε τέσσερις υποκατηγορίες οι οποίες αφορούν τον μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας (Resting Metabolic Rate – RMR), τη θερμική επίδραση των τροφίμων (Thermogenic Effect of Food – TEF), τη θερμική επίδραση της άσκησης (Total Energy Expenditure – TEE) και την προσαρμοστική θερμογένεση (Adaptive Thermogenesis – AT) που εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές μεταβολές (Horton, 1983).

Πιο αναλυτικά, ως RMR ορίζεται η ενεργειακή δαπάνη που απαιτείται για τη διατήρηση των φυσιολογικών διεργασιών του οργανισμού σε κατάσταση ηρεμίας και αντιπροσωπεύει όπως προαναφέρθηκε το μεγαλύτερο ποσοστό (60%, μπορεί να φτάσει μέχρι και το 75%) των συνολικών ημερήσιων ενεργειακών αναγκών (Byrne & Wilmore, 1999). Ο καθοριστικός ρόλος του RMR στο θερμιδικό ισοζύγιο έγκειται στο γεγονός πως, όσο υψηλότερο είναι το σωματικό βάρος, εξαρτώμενο πάντα από τη σύσταση, τόσο μεγαλύτερη είναι η απαιτούμενη θερμιδική δαπάνη για τη διατήρηση και μετακίνηση του (Westerterp-Plantenga et al., 2007). Οι μικρές αυξήσεις του RMR θα μπορούσαν να έχουν μακροπρόθεσμα οφέλη για την πρόληψη και τη θεραπεία της παχυσαρκίας (Byrne & Wilmore, 1999).

Ως TEF ορίζεται το μεταβολικό κόστος της απορρόφησης και επεξεργασίας των θερμιδογόνων θρεπτικών συστατικών (υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπη). Ανάλογα με τη σύσταση της τροφής στα διάφορα συστατικά, TEF ποικίλει σημαντικά. Υπολογίζεται ότι αντιπροσωπεύει περίπου μέχρι το 10% των συνολικών ημερήσιων ενεργειακών αναγκών (Horton, 1983).

Η TEE είναι ο πιο μεταβαλλόμενος παράγοντας, καθώς εξαρτάται από το πόσο φυσικά δραστήριο είναι ένα άτομο. Ενδεικτικά, έχει υπολογιστεί η TEE αντιπροσωπεύει περίπου το 30% των συνολικών ημερήσιων ενεργειακών αναγκών ενός μέτρια δραστήριου ατόμου (Horton, 1983).

Τέλος, ως ΑΤ ορίζεται η ικανότητα ενός ατόμου να διατηρεί ή να δαπανάει ενέργεια ως απόκριση σε διακυμάνσεις στην πρόσληψη τροφής ή σε έκθεση σε ακραίες θερμοκρασίες του περιβάλλοντος. Σημαντικό ρόλο στην ΑΤ φαίνεται ότι παίζει ο φαιός λιπώδης ιστός. Δεν υπάρχει συμφωνία για το ακριβές ποσοστό των συνολικών ημερήσιων ενεργειακών αναγκών που αντιπροσωπεύει, ωστόσο γενικά έχει αναφερθεί ότι αποτελεί λιγότερο από το +/-10% των συνολικών ημερήσιων ενεργειακών αναγκών (Horton, 1983).

Ο ρόλος της άσκησης στη διαχείριση του βάρους και μετέπειτα στην αντιμετώπιση την παχυσαρκίας δείχνει πως η σωματική άσκηση μπορεί να επιδράσει θετικά στην απώλεια του βάρους (Goodpaster et al., 2010). Ιδιαίτερη σημασία παίζει ο τύπος της άσκησης που χρησιμοποιείται σε κάθε περίπτωση. Πιο συνηθισμένη είναι η προπόνηση που αφορά κυρίως συνεχόμενη άσκηση αντοχής μέτριας έως υψηλής έντασης που σταδιακά αυξάνεται σε ~250 λεπτά/εβδομάδα (American Heart Association, 2014). Επίσης χρησιμοποιούνται πρωτόκολλα άσκησης με αντιστάσεις που ενσωματώνουν κινήσεις ολόκληρου του σώματος, οι οποίες στοχεύουν στην ενεργοποίηση ολόκληρου του νευρομυϊκού συστήματος και μπορούν να βελτιώσουν τη λειτουργική ικανότητα (Sperlich et al., 2017). Η τρίτη μορφή είναι ο συνδυασμός των δυο παραπάνω και μπορεί να προκαλέσει περαιτέρω βελτίωση στη σωματική σύσταση συγκριτικά με μόνο την αερόβια άσκηση (Park et al., 2007).

Όπως συμπεραίνουμε, η άσκηση είναι ένα μέσο για την αύξηση της ενεργειακής δαπάνης κατά τη διάρκειά της, αλλά και για κάποιες ώρες μετά, κατά την αποκατάσταση. Μέχρι σήμερα έχει παρατηρηθεί ότι αυτή η αύξηση του RMR μετά από μια συνεδρία άσκησης μπορεί να διαρκέσει για μία ώρα (Brehm et al., 1986; Pacy et al., 1985) έως και για πάνω από 48 ώρες (Edwards et al., 1935), ειδικά μετά από εφαρμογή προπόνησης με αντιστάσεις. Πιο συγκεκριμένα, σε μια μελέτη όπου 7 γυναίκες (22-35 ετών) συμμετείχαν σε ένα πρόγραμμα προπόνησης με αντιστάσεις (100 λεπτά/συνεδρία, 10 ασκήσεις των 5 σετ με

10-15 επαναλήψεις), παρατηρήθηκε αύξηση του RMR κατά 13% τις πρώτες 3 ώρες και κατά 4,2% τις 16 ώρες μετά τη συνεδρία (Osterberg & Melby, 2000).

Από την άλλη μεριά, μόνο ένα πρόγραμμα προπόνησης αντοχής 10 εβδομάδων (3 συνεδρίες/εβδομάδα), έντασης 65-85% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας με βάση την ηλικία (σταδιακής αύξησης της έντασης), δεν φάνηκε να προκαλεί καμία διαφορά στο RMR μετά από μια συνεδρία άσκησης. Ωστόσο, σε κάποια άλλη μελέτη όπου συνδυάστηκε η προπόνηση αντιστάσεων (πρωτόκολλο δύναμης των 3 σετ με 10-15 επαναλήψεις στην αρχή της παρέμβασης έως 4-8 στο τέλος) με την προπόνηση αντοχής (πρωτόκολλο αντοχής αρχικά στο 65% που έφτασε μέχρι και το 85% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας με βάση την ηλικία προς το τέλος), φάνηκε πως ο RMR μετά από μια συνεδρία άσκησης αυξήθηκε (Dolezal & Potteiger, 1998).

Από την άλλη πλευρά, η εφαρμογή ενός νέου τύπου άσκησης, η υψηλής έντασης διαλειμματική προπόνηση (High Intensity Interval Training - HIIT), που περιλαμβάνει κυρίως καρδιαγγειακές δραστηριότητες που εκτελούνται σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, δείχνει να είναι πιο αποδοτική και με μικρότερη διάρκεια (Batacan et al., 2017; Foster et al., 2015; Myers et al., 2015).

Βασιζόμενοι σε μια αντίστοιχη μελέτη των (Batrakoulis et al., 2018) χρησιμοποιήσαμε ένα πρωτόκολλο άσκησης που παντρεύει όλους τους παραπάνω παράγοντες που είναι ικανοί να αντιμετωπίσουν την παχυσαρκία. Πρόκειται για μια διαλειμματικής μορφής άσκησης υψηλής έντασης με φορητό εξοπλισμό. Πιο συγκεκριμένα, το πρωτόκολλο περιείχε ασκήσεις νευρομυϊκής συναρμογής με χρήση φορητού εξοπλισμού, η διάρκεια κάθε επανάληψης ήταν συγκεκριμένη και η ένταση υψηλή.

Στο αντίστοιχο πρωτόκολλο που χρησιμοποίησε και ο Batrakoulis και οι συνεργάτες του, ο μεταβολικός ρυθμός αυξήθηκε προοδευτικά κατά τη διάρκεια της μελέτης μέσα σε διάστημα δέκα μηνών. Αν και παρατηρήθηκε πως υπήρξε μια συνολική αύξηση του RMR

έπειτα από τη δεκάμηνη παρέμβαση, δεν μελετήθηκε εάν η παρέμβαση μπορεί να συνέβαλλε στο να αυξάνεται περαιτέρω ο RMR αμέσως μετά από μια προπονητική μονάδα, ποιο είναι το ποσοστό αυτής της αύξησης, καθώς και ο χρόνος που διαρκεί αυτή η αύξηση άρα και η επιπλέον θερμιδική δαπάνη (Batrakoulis et al., 2018).

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι, σύμφωνα με τα μέχρι στιγμής δεδομένα της σχετικής βιβλιογραφίας, έχει φανεί ότι οι περισσότερες μεταβολές στο RMR μετά από μια συνεδρία άσκησης που μπορεί να προκύψουν από την εφαρμογή κάποιου προγράμματος προπόνησης, έχουν εξεταστεί μόνο κατά τις πρώτες (2-8) ώρες που επέρχονται.

### ***Σημασία της μελέτης***

Είναι η πρώτη έρευνα που θα εξετάσει τυχόν μεταβολές στο RMR μέχρι και 72 ώρες μετά από μια συνεδρία σε ένα υβριδικό πρωτόκολλο άσκησης 12 εβδομάδων. Προηγούμενες σχετικές μελέτες όπου εφαρμόστηκαν διάφορα προγράμματα προπόνησης, έχουν διερευνήσει μεταβολές στο RMR μόλις για τις πρώτες 2-8 ώρες μετά από μια συνεδρία άσκησης.

Συνοπτικά, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας θα προσφέρουν γνώση ως προς τα εξής:

1. Κατά πόσο συμβάλλει η εφαρμογή έντονης διαλειμματικής κυκλικής προπόνησης στην αύξηση του RMR μετά από μια συνεδρία άσκησης, και για πόση ώρα μετά το τέλος αυτής.
2. Πως μπορεί το συγκεκριμένο πρόγραμμα άσκησης να ενισχύσει το μεταβολισμό χωρίς καμία διατροφική παρέμβαση ή άλλο πρόγραμμα άσκησης.
3. Πόσες περίπου θερμίδες μπορεί να μειώσει κάποιος από το καθημερινό του θερμιδικό ισοζύγιο σε διάστημα από μια εβδομάδα έως και 3 μήνες συνεχόμενης άσκησης, με στόχο να μειώσει το βάρος του

## **Σκοπός**

Σκοπός της μελέτης είναι να διερευνηθεί η επίδραση της έντονης διαλειμματικής κυκλικής προπόνησης 12 εβδομάδων με φορητό εξοπλισμό στη μεταβολή του RMR 24, 48 και 72 ώρες μετά από μια συνεδρία άσκησης.

## **Ερευνητικές υποθέσεις**

1. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά του RMR στην αρχική (baseline) μέτρηση σε σχέση με τη μέτρηση του RMR στις 24, 48 και 72 ώρες μετά από συγκεκριμένο πρωτόκολλο άσκησης στο τέλος των δύο φάσεων του προγράμματος;
2. Πόση διάρκεια θα έχει αυτή επιδιωκόμενη αύξηση του RMR σε βάθος 24, 48 και 72 ωρών;

## **Περιορισμοί**

Οι συμμετέχοντες ήταν εθελοντές. Προκειμένου να πληρούν τα κριτήρια των ερευνητικών υποθέσεων θα έπρεπε κατά τη διάρκεια της παρέμβασης:

1. Να μην πάρουν μέρος σε άλλες αθλητικές δραστηριότητες.
2. Να μην κάνουν κάποια προσπάθεια μείωσης βάρους με κάποια συγκεκριμένη δίαιτα.
3. Να μην χρησιμοποιήσουν κάποιο διαιτητικό σκεύασμα.

## **Οριοθετήσεις**

Το παρεμβατικό πρόγραμμα άσκησης είχε διάρκεια 12 εβδομάδων με συχνότητα 3 προπονήσεων ανά εβδομάδα.

## 2. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

### 2.1. Το πρόβλημα της παχυσαρκίας

Η παχυσαρκία αποτελεί στις ημέρες μας μια από τις κυριότερες απειλές για την δημόσια υγεία (Korelman, 2000) που προκύπτει από έναν συνδυασμό γενετικής ευαισθησίας, αυξημένης διαθεσιμότητας τροφών υψηλής ενέργειας και μειωμένης απαίτησης για σωματική δραστηριότητα στη σύγχρονη κοινωνία.

Η υπερβολική αύξηση του βάρους, δηλαδή ένας ΔΜΣ  $>25 \text{ kg/m}^2$  για τους υπέρβαρους πληθυσμούς και  $>30 \text{ kg/m}^2$  για παχύσαρκους πληθυσμούς (Tsai et al., 2010), έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη χρόνιων παθήσεων, όπως καρδιαγγειακά, νόσους του ήπατος, σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2 και ορισμένους τύπους καρκίνου (Korelman, 2000). Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, η υπερβαρότητα και η παχυσαρκία είναι καταστάσεις όπου υπάρχει υπερβολική συσσώρευση λίπους, η οποία μπορεί να αποτελέσει κίνδυνο στην υγεία. Ο ΔΜΣ αποτελεί έναν απλό και αδρό δείκτη παχυσαρκίας στους ενήλικες, ο οποίος ορίζεται ως εξής:  $\Delta\text{ΜΣ} = [\text{βάρους (kg)}] / [\text{ύψος (m)}^2]$ . Άτομα με ΔΜΣ  $>25$  θεωρούνται υπέρβαρα, ενώ άτομα με ΔΜΣ  $>30$  θεωρούνται παχύσαρκα. Όσο μεγαλύτερος ο ΔΜΣ, τόσο μεγαλύτερος ο κίνδυνος για την ανάπτυξη μη μεταδιδόμενων νοσημάτων, όπως καρδιαγγειακά, σακχαρώδης διαβήτης και διάφορες μορφές καρκίνου (Seidell & Halberstadt, 2015).

Το πρόβλημα της παχυσαρκίας έχει παγκόσμιες διαστάσεις. Σε έρευνα που διεξήχθη μεταξύ 199 χωρών μέσα σε διάστημα 28 ετών την περίοδο 1980 έως 2008, φάνηκε ότι τα ποσοστά υπέρβαρων και παχύσαρκων διπλασιάστηκαν. Σε ποίο πρόσφατες αναλύσεις του 2013, οι ενήλικες με ΔΜΣ  $>25 \text{ kg/m}^2$  αυξήθηκαν από 29 έως 37% στους άνδρες και από 30 έως 38% στις γυναίκες (Finucane et al., 2012). Σύμφωνα με τα στοιχεία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (2018) καταγράφηκαν για το έτος 2016 σε παγκόσμιο επίπεδο 1,9

δισεκατομμύρια ενήλικες υπέρβαροι, εκ των οποίων τα 650 εκατομμύρια ήταν παχύσαρκοι. Αναφορικά με τα παιδιά και τους νέους τα στατιστικά στοιχεία δείχνουν πως για το 2016 41 εκατομμύρια παιδιά κάτω των 5 ετών ήταν υπέρβαρα ή παχύσαρκα και πάνω από 340 εκατομμύρια παιδιά και έφηβοι 5-19 ετών ήταν υπέρβαροι ή παχύσαρκοι (WHO, 2018).

Το εύρος του ΔΜΣ ενός πληθυσμού ποικίλει ανάλογα με το στάδιο της οικονομικής μετάβασης και της βιομηχανοποίησης της εκάστοτε χώρας (Maffei et al., 1995). Στα αρχικά στάδια της οικονομικής μετάβασης φαίνεται η αύξηση του ΔΜΣ να κυριαρχεί στις πιο οικονομικά ανεπτυγμένες χώρες, ενώ χαμηλότερα ποσοστά να κυριαρχούν σε λιγότερο πλούσιες χώρες. Παρ' όλα αυτά, η κατανομή αυτή φαίνεται πως τείνει να αλλάξει τα επόμενα χρόνια της οικονομικής μετάβασης με αύξηση του ΔΜΣ και στα λιγότερο οικονομικά ανεπτυγμένα κράτη (Kotani et al., 1997).

Όπως αναφέρουν οι Cawley & Meyerhoefer (2012) στο υπόδειγμα που χρησιμοποίησαν, αν και τα ετήσια ιατρικά έξοδα που υπολόγισαν ότι δαπανούν άντρες και γυναίκες δεν ήταν στατιστικά σημαντικά εξαιτίας του μικρού δείγματος, φαίνεται πως αν γενικευτούν τα παραπάνω ποσοστά δηλώνουν ότι η επίδραση της παχυσαρκίας είναι σημαντικά υψηλότερη από την εκτιμώμενη σε προηγούμενες βιβλιογραφίες. Αξίζει να αναφερθεί πως σύμφωνα με εκτιμήσεις, στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής δαπανούνται περίπου 190 δισεκατομμύρια δολάρια ανά έτος (δηλαδή το 21% των συνολικών δαπανών) για την αντιμετώπιση τόσο των παθήσεων που σχετίζονται με την παχυσαρκία όσο και για την υγειονομική περίθαλψη του αντίστοιχου πληθυσμού. Το συγκεκριμένο ποσοστό είναι σχεδόν το διπλάσιο από αυτό στην αντίστοιχη μελέτη των Finkelstein et al. (2009) όπου είχε υπολογιστεί περίπου στο 9,1% (Cawley & Meyerhoefer, 2012).

Η παχυσαρκία συνιστά μία νόσο επικίνδυνη για την υγεία καθώς οι επιπτώσεις της σχετίζονται με σοβαρά προβλήματα σε διάφορα όργανα έως και με αυξημένη θνησιμότητα, ενώ έχει τεκμηριωθεί πως επιφέρει σημαντική μείωση της ποιότητας ζωής των υπέρβαρων ή



παχύσαρκων ατόμων. Όσο μεγαλύτερος είναι ο ΔΜΣ, τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος για την υγεία. Η νόσος έχει συσχετιστεί με μυοσκελετικά προβλήματα, αναπνευστικές δυσκολίες, δερματικά προβλήματα, στειρότητα, την παρουσίαση μη ινσουλινοεξαρτώμενου σακχαρώδους διαβήτη, καρδιαγγειακών προβλημάτων συμπεριλαμβανομένης της στεφανιαίας νόσου, της υπέρτασης και του εγκεφαλικού επεισοδίου, της ασθένειας της χοληδόχου κύστης, καρκίνου του εντέρου, του μαστού, του ενδομητρίου και του προστάτη, της οστεοαρθρίτιδα και της άπνοιας ύπνου (Ogunbode, Fatiregun & Ogunbode, 2009).

Πέρα από τις επικίνδυνες για την υγεία οργανικές επιπτώσεις, η παχυσαρκία έχει συσχετιστεί με την εκδήλωση μίας σειράς ψυχικών ασθενειών, όπως η κλινική κατάθλιψη και το άγχος, εξαιτίας του πλήγματος στον αυτο-σεβασμό και την αυτοεκτίμηση και του κοινωνικού στιγματισμού. Δεδομένης της αύξησης της επικράτησης της παιδικής παχυσαρκίας και του γεγονότος πως το παχύσαρκο παιδί θα εξελιχθεί σε έναν παχύσαρκο ενήλικα, η διεθνής βιβλιογραφία έχει συνδέσει τη νόσο με σοβαρές ψυχολογικές συννοσηρότητες όπως η κατάθλιψη, οι φτωχότερες αντιληπτές χαμηλότερες βαθμολογίες στην ποιότητα ζωής που σχετίζεται με την υγεία, οι συναισθηματικές και συμπεριφορικές διαταραχές και η αυτοεκτίμηση. Εύλογο είναι να σημειωθεί πως οι παχύσαρκοι, οποιουδήποτε ηλικιακού φάσματος, είναι εκτεθειμένοι στο στίγμα, στα πειράγματα και στον εκφοβισμό, παράγοντες που προάγουν την εμφάνιση ψυχιατρικών διαταραχών (Rankin et al., 2016; Giuli et al., 2015; Giuli et al., 2014).

## **2.2. Το θερμιδικό ισοζύγιο ως αιτιολογικός παράγοντας της παχυσαρκίας**

Ως παχυσαρκία ορίζουμε την πλεονάζουσα κατανομή λιπώδους ιστού στο σώμα και η αύξηση του λιπώδους ιστού επηρεάζεται από το θερμιδικό ισοζύγιο. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας ο βασικός παράγοντας εμφάνισης της παχυσαρκίας είναι η ενεργειακή ανισορροπία μεταξύ των θερμίδων που προσλαμβάνονται και των θερμίδων που

καταναλώνονται (WHO, 2018). Ως θερμιδικό ισοζύγιο ορίζουμε την ισορροπία μεταξύ της πρόσληψης και κατανάλωσης της ενέργειας. Έτσι λοιπόν, όταν η πρόσληψη της ενέργειας υπερβαίνει την κατανάλωση της, έχουμε ως αποτέλεσμα αύξηση του σωματικού βάρους (Finucane et al., 2011). Ακόμη και μικρές αποκλίσεις της τάξης του 1 με 2% της ημερήσιας θερμιδικής πρόσληψης μπορούν μακροπρόθεσμα να οδηγήσουν σε αύξηση του σωματικού βάρους ακόμη και έως 20kg (Hall et al., 2011).

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το ενεργειακό ισοζύγιο σχετίζονται με το ίδιο το άτομο, με το περιβάλλον στο οποίο εκτίθεται και με τις τροφές και τα ποτά που καταναλώνει. Αυτοί οι παράγοντες αλληλεπιδρούν με πολύπλοκο τρόπο διαμορφώνοντας το μοτίβο κατανάλωσης τροφής και ποτών από ένα άτομο. Ως εκ τούτου, η κατανόηση της σχέσης μεταξύ του ενεργειακού ισοζυγίου και της παχυσαρκίας είναι μια πρόκληση και μια αναγκαιότητα για την ανάπτυξη αποτελεσματικών προγραμμάτων και πολιτικών πρόληψης για την αντιμετώπιση της νόσου.

Η διατήρηση ενός σταθερού σωματικού βάρους είναι εξαρτώμενη από την ενέργεια που προέρχεται από τα τρόφιμα και τα ποτά, που ισούται με τη συνολική ενεργειακή δαπάνη με την πάροδο του χρόνου. Προκειμένου να αυξήσει ένα άτομο το σωματικό του βάρος θα πρέπει η κατανάλωση ενέργειας να υπερβαίνει τη δαπάνη της, ενώ για να υπάρξει απώλεια βάρους θα πρέπει η ενεργειακή κατανάλωση να υπερβαίνει την ενεργειακή πρόσληψη. Οι μικρές αποκλίσεις από το ενεργειακό ισοζύγιο της τάξεως του 1-2% της ημερήσιας ενεργειακής πρόσληψης μπορούν να οδηγήσουν σε μεγάλες μακροπρόθεσμες αλλαγές στο σωματικό βάρος, έως και 20 κιλών (Hall et al., 2011).

Το σταθερό βάρος σώματος συνάδει με την ισορροπία του ενεργειακού ισοζυγίου, δηλαδή όταν η ενεργειακή πρόσληψη ισούται με την ενεργειακή δαπάνη. Το βάρος μπορεί να αλλάξει μόνο όταν η ενεργειακή πρόσληψη δεν είναι ίση με την κατανάλωση της ενέργειας για μια δεδομένη χρονική περίοδο (Hill, Wyatt & Peters, 2012). Στην περίπτωση που η

ενεργειακή πρόσληψη υπερβεί την ενεργειακή δαπάνη παρατηρείται κατάσταση θετικού ενεργειακού ισοζυγίου και κατά συνέπεια θα αυξηθεί η σωματική μάζα, εκ της οποίας το 60-80% είναι συνήθως σωματικό λίπος (Hill & Commerford, 1996).

Η απότομη αύξηση του βάρους και εν γένει η παχυσαρκία μπορεί να εξηγηθεί μέσω του θερμιδικού ισοζυγίου. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους Basset et al (2010) έχει συντελεστεί μία σημαντική διαφοροποίηση των προτύπων της σωματικής δραστηριότητας στις σύγχρονες κοινωνίες με το πέρασμα του χρόνου. Οι μελετητές χρησιμοποίησαν βηματομετρητές σε έναν πληθυσμό Amish των Ηνωμένων Πολιτειών και διαπίστωσαν πως οι άντρες πραγματοποιούσαν κατά μέσο όρο περίπου 18.000 βήματα ημερησίως, ενώ οι γυναίκες περίπου 14.000 βήματα. Ωστόσο, στα μέσα του 2000 ο μέσος Αμερικανός ενήλικας πραγματοποίησε περίπου 5.000 βήματα κατά μέσο όρο, μία τεράστια διαφορά που θα μπορούσε να εξηγήσει ένα ετήσιο κέρδος βάρους 68 κιλών για τους Αμερικανούς άνδρες και 47 κιλών για τις Αμερικανίδες. Όμοια, οι Church et al (2011) έχουν υπολογίσει πως από το 1960 η σωματική δραστηριότητα έχει μειωθεί κατά μέσο όρο περίπου 142 kcal/ημέρα, εξηγώντας έτσι αυτή την εύλογη αύξηση του βάρους του σύγχρονου ανθρώπου.

Το θερμιδικό ισοζύγιο αποτελείται από παράγοντες όπως την ενεργειακή πρόσληψη, δηλαδή το σύνολο των θερμίδων που προσλαμβάνονται από τη διατροφή, την ενεργειακή δαπάνη, η οποία αντιπροσωπεύει το σύνολο των θερμίδων που καταναλώνει ο οργανισμός, καθώς και την αποθήκευση ενέργειας στο σώμα (Hill et al., 2003).

Η κατανόηση της έννοιας της ισορροπίας είναι περίπλοκη και εξαρτάται από δύο παράγοντες, την πρόσληψη και τη δαπάνη ενέργειας, η οποία χωρίζεται σε 4 υποκατηγορίες. Ως προσλαμβανόμενη ενέργεια νοείται εκείνη που μεταβολίζεται από την κατανάλωση των τροφίμων, ενώ ως δαπάνη ενέργειας αναφέρεται η ενέργεια που αποβάλλεται από το ανθρώπινο σώμα μέσω των φυσιολογικών λειτουργιών της θερμογένεσης και των ούρων/κοπράνων (Sims et al., 1973). Οι υποκατηγορίες της δαπάνης ενέργειας

περιλαμβάνουν το μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας (RMR), την θερμική επίδραση των τροφίμων (TEF), την θερμική επίδραση της άσκησης (TEE) και την προσαρμοστική θερμογένεση (AT) που εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές μεταβολές (Horton, 1983).

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή ισορροπία σχετίζονται και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Ποιο συγκεκριμένα αφορούν τρεις βασικούς τομείς, τη σωματική δραστηριότητα, το RMR και τη μεταγευματική επίδραση των τροφίμων. Αρχικά, η σωματική δραστηριότητα, στην οποία ο τύπος, η διάρκεια και η ένταση της μπορεί να προκαλέσει αρκετές μεταβολές στην ημερήσια ενεργειακή δαπάνη με διάφορες διακυμάνσεις (Thackray et al., 2016; Stensel, 2010). Μελέτες σε βάθος χρόνου έχουν δείξει μια αρκετά σταθερή συσχέτιση μεταξύ της σωματικής δραστηριότητας και διατήρησης του βάρους. Η Αμερικανική Αθλητική Εταιρία αναφέρει πως 150 έως 250 λεπτά μέτριας έντασης άσκηση ανά εβδομάδα είναι αρκετά για την διαχείριση και συντήρηση του σωματικού βάρους σε φυσιολογικά επίπεδα (Donnelly et al., 2009).

Η δαπάνη ενέργειας που σχετίζεται με τη σωματική δραστηριότητα είναι ο πιο «ευαίσθητος» παράγοντας. Όταν το σύνολο της φυσικής δραστηριότητας είναι ίσο με αυτό της ενεργειακής πρόσληψης έχουμε την επιδιωκόμενη ενεργειακή ισορροπία (Hill & Commerford, 1996). Η σωματική δραστηριότητα ταυτόχρονα ενισχύει τον δεύτερο παράγοντα που είναι ο RMR. Αποτελεί τη θερμιδική ποσότητα που χρειάζεται το σώμα κατά την ηρεμία, για να επιτελεί τις φυσιολογικές λειτουργίες του σώματος και να διατηρεί την ομοιόσταση του ενώ ταυτόχρονα συμβάλει στη λειτουργία του συμπαθητικού συστήματος (Boothby & Sandiford, 1929). Έρχεται σε απόλυτη συσχέτιση με τη σωματική μάζα και ιδιαίτερα με την άλιπη σωματική μάζα, η οποία φαίνεται να βελτιώνεται μέσω της σωματικής δραστηριότητας (Hill & Commerford, 1996).

Ενώ τρίτος και τελευταίος παράγοντας είναι η μεταγευματική επίδραση των τροφίμων που αντιπροσωπεύει την ενεργειακή δαπάνη που χρειάζεται το σώμα προκειμένου να απορροφήσει και

να μεταβολίσει την προσλαμβανόμενη τροφή. Η διεργασία αυτή αντικατοπτρίζει το 8 έως 10% της συνολικής ημερήσιας θερμιδικής δαπάνης (Hill & Commerford, 1996).

### **2.3. Ο ρόλος του μεταβολισμού ηρεμίας για το θερμιδικό ισοζύγιο**

Μεταβολικός ρυθμός είναι ο ρυθμός με τον οποίο παράγεται ενέργεια στον οργανισμό μας και πιο συγκεκριμένα οι βιοχημικές διαδικασίες για την παραγωγή ενέργειας στο σώμα. Μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας ή RMR είναι η ενέργεια που δαπανά ο ανθρώπινος οργανισμός σε απόλυτη ηρεμία για να επιτελεί όλες τις βασικές του λειτουργίες προκειμένου να συντηρηθεί (Woo, Daniels-Kush & Horton, 1985). Σε έναν μέσο άνδρα περίπου εβδομήντα κιλών ανέρχεται περίπου στις 1500 χιλιοθερμίδες ανά ημέρα, δηλαδή το 60 έως 75% των ημερήσιων συνολικών ενεργειακών δαπανών του (Boothby & Sandiford, 1929). Η γνώση και η χρήση του είναι απαραίτητη για την εφαρμογή των κατάλληλων διατροφικών προγραμμάτων με στόχο τον προσδιορισμό των θερμιδικών αναγκών για τη διαχείριση του βάρους (McArdle, Katch & Katch, 1996; Garrow et al., 1978).

Ο RMR αντιπροσωπεύει περίπου το 60-75% της συνολικής ημερήσιας ενεργειακής δαπάνης και περιλαμβάνει το μεταβολισμό του ύπνου, το βασικό μεταβολισμό και το μεταβολισμό της διέγερσης. Ουσιαστικά, συνιστά την θερμιδική ποσότητα όπου το σώμα χρειάζεται σε κατάσταση ηρεμίας για να εκτελεί βασικές λειτουργίες όπως η καρδιακή και εγκεφαλική λειτουργία. Αποτελεί συνάμα το σημαντικότερο στοιχείο στην εξίσωση του ενεργειακού ισοζυγίου καθώς αντιπροσωπεύει έως και το 75% των συνολικών θερμίδων που δαπανώνται από τον οργανισμό (Foster et al., 1988).

Ο χαμηλός RMR έχει συνδεθεί με την αύξηση του σωματικού βάρους με την πάροδο του χρόνου (Luke et al., 2006). Ο τρόπος μέτρησης και αξιολόγησης του RMR είναι ιδιαίτερος ευαίσθητος και μεταβαλλόμενος. Καθημερινά υπάρχει μια διακύμανση μεταξύ των μετρήσεων εξαιτίας βιολογικών μεταβολών. Πιο συγκεκριμένα, λόγω της θερμικής επίδρασης

μέσω της διατροφής, της αυξημένης κατανάλωση οξυγόνου μετά από σωματική δραστηριότητα, φαρμακευτικές αγωγές ακόμη και το άγχος (Reed & Hill, 1996; de Weir, 1948). Όλοι αυτοί οι παραπάνω παράγοντες έκριναν αναγκαίο να οριστούν συγκριμένες συνθήκες μέτρησης του RMR. Οι Boothby & Sandiford καθόρισαν την αξιολόγηση του ως εξής: έπειτα από 12 έως και 18 ώρες αποχής από τροφή και σωματική δραστηριότητα. Η διάρκεια της μέτρησης είναι τουλάχιστον 15 έως 20 λεπτά σε πλήρη ηρεμία. Μέσα σε αυτό το χρονικό διάστημα έχει καθοριστεί μια διακύμανση στο αναπνευστικό πηλίκο περίπου 5% και στην κατανάλωση οξυγόνου περίπου 10%. Για τον υπολογισμό του χρησιμοποιείται η κατανάλωση οξυγόνου και η παράγωγή διοξειδίου του άνθρακα (Garrow, 1983).

Οι διαφορές στο RMR μεταξύ των ατόμων οφείλονται σε παράγοντες όπως η ηλικία, το φύλο, η σωματική μάζα, ορμόνες. Έτσι, όσο αυξάνεται η ηλικία, εξαιτίας την ταυτόχρονης μείωση του μυϊκού ιστού, μειώνεται και ο μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας (James, 1983). Όσον αφορά ο φύλο, χαμηλότερο RMR παρουσιάζουν οι γυναίκες εξαιτίας της μικρότερης σωματικής τους μάζας σε σχέση με τους άνδρες (Speakman, John & Colin, 2003). Καθοριστικός είναι ωστόσο ο ρόλος της σωματικής μάζας, με βασικό παράγοντα την άλιπη σωματική μάζα, καθώς όσο υψηλότερο είναι το σωματικό βάρος εξαρτώμενο πάντα από τη σύσταση τόσο μεγαλύτερη είναι η απαιτούμενη θερμιδική δαπάνη για τη διατήρηση και μετακίνηση του (Westertep et al., 2009). Αξίζει να σημειωθεί πως ορμόνες όπως αυτές που εκκρίνονται από τον θυρεοειδή αδένα, την ινσουλίνη και την νορεπινεφρίνη προκαλούν διαφορετικές επιδράσεις στη λειτουργία του οργανισμού και μεταβάλλουν το RMR (James, 1983).

#### **2.4. Οι θετικές επιδράσεις της άσκησης στην παχυσαρκία**

Πέρα από το θερμιδικό ισοζύγιο και την υπερβολική πρόσληψη τροφής, έχει αποδειχθεί πως η παχυσαρκία συνδέεται με τη σωματική αδράνεια και τη χαμηλή φυσική

δραστηριότητα και άσκηση (Booth, Roberts & Laye, 2012). Παρότι η σύσταση του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας για τους υγιείς ενήλικες είναι τα 150 λεπτά μέτριας έντασης ή τουλάχιστον 75 λεπτά έντονης έντασης άσκηση σε εβδομαδιαία βάση (WHO, 2010), τα παχύσαρκα ή υπέρβαρα άτομα αδυνατούν να την εφαρμόσουν κυρίως λόγω εμποδίων όπως οι φυσικοί περιορισμοί και η έλλειψη κινήτρου (Egan et al., 2013; Booth, Roberts & Laye, 2012).

Ο ρόλος της άσκησης και της φυσικής δραστηριότητας στη διαχείριση του βάρους και μετέπειτα στην αντιμετώπιση την παχυσαρκίας σε σχέση με απλές κλινικές προσεγγίσεις σε διάρκεια ενός έτους έδειξε πως η σωματική άσκηση μπορεί να επιδράσει θετικά στη μείωση του βάρους, να προκαλέσει μεγαλύτερη μείωση του κοιλιακού λίπους, ενώ ταυτοχρόνως να μειώσει καρδιομεταβολικούς παράγοντες κινδύνου (Goodpaster et al., 2010). Η άσκηση διαδραματίζει θεμελιώδη ρόλο στην πρόληψη και την αντιμετώπιση του υπερβολικού βάρους ανεξαρτήτως της μεταβολής στη διαιτητική πρόσληψη. Μέσω της άσκησης το άτομο εστιάζει σε μεγάλο βαθμό στην απώλεια της λιπώδους μάζας, ενώ η μείωση του σπλαχνικού λιπώδους ιστού σε παχύσαρκα άτομα μπορεί να επιτευχθεί μέσω της άσκησης χωρίς να συνοδεύεται απαραίτητα από δίαιτα (Goedecke & Micklesfield, 2014).

Οι θετικές αλλαγές που επιφέρει η άσκηση οφείλονται σε τρεις παράγοντες. Αρχικά η άσκηση έχει φανεί πως προκαλεί καταστολή στην όρεξη για φαγητό. Επίσης η βελτίωση της φυσικής κατάστασης προκαλεί αύξηση στην NEAT, που σύμφωνα με την βιβλιογραφία αναφέρεται ως non-exercise activity thermogenesis και αφορά την ημερήσια φυσική δραστηριότητα όπως για παράδειγμα το περπάτημα ή το ανέβασμα σε κάποια σκάλα αντί της χρήσης του ανελκυστήρα. Οι μικρές αυτές αλλαγές στην συμπεριφορά μπορούν να αυξήσουν τις επιδράσεις της άσκησης και να ενισχύσουν την προσπάθεια απώλειας βάρους (Osterberg & Melby, 2000). Ενώ τελευταίο και, όπως έχει προαναφερθεί, η αύξηση του μεταβολισμού ηρεμίας που επηρεάζει το θερμιδικό ισοζύγιο και προκαλείται μέσω της άσκησης. Οι τρεις

αυτοί παράγοντες συνολικά μαζί αυξάνουν την ενεργειακή ανισορροπία υπέρ του αρνητικού θερμιδικού ισοζυγίου και βοηθούν στη διαχείριση του βάρους (Jakicic, Wing & Winters-Hart, 2002).

Ιδιαίτερη σημασία παίζει ο τύπος της άσκησης που χρησιμοποιείται σε κάθε περίπτωση. Έχει μελετηθεί η επίδραση της αερόβιας άσκησης μέτριας έως και υψηλής έντασης, της άσκησης με αντιστάσεις μέτριας έως και υψηλής επιβάρυνσης αλλά και ο συνδυασμός και των δυο μαζί. Πιο συγκεκριμένα:

1. Προγράμματα άσκησης που χρησιμοποιούν αερόβια άσκηση όπως περπάτημα στην εξοχή ή στο διάδρομο, ποδηλασία ή εργόμετρο έχουν δείξει πως εξαιτίας της συνεχόμενης και ρυθμικής δραστηριότητας των μεγάλων μυϊκών ομάδων έχουν μεγαλύτερη θερμιδική δαπάνη προκαλώντας με αυτόν τον τρόπο το επιθυμητό αρνητικό θερμιδικό ισοζύγιο (Okay et al., 2009). Ταυτοχρόνως βελτιώνονται παράγοντες όπως η αερόβια ικανότητα ενώ μειώνεται και ο κίνδυνος εμφάνισης κάποιας καρδιαγγειακής νόσου (Sukata et al., 2012; Fogelholm, 2010).
2. Εν αντιθέσει με την αερόβια άσκηση η εκγύμναση με αντιστάσεις έχει δείξει πως μπορεί να προκαλέσει αύξηση της άλιπης σωματικής μάζας και δύναμης (Castaneda et al., 2002; Broeder et al., 1992). Παρ' όλα αυτά, είναι αμφιλεγόμενο κατά πόσο μπορεί να μειώσει τη λιπώδη μάζα. Πάρα τα αμφιλεγόμενα αποτελέσματα όμως στη μείωση της λιπώδους μάζας στο σώμα, ένα σημαντικό κέρδος για την αντιμετώπιση της παχυσαρκίας και τη διαχείριση του βάρους είναι η αύξηση του RMR (Schmitz et al., 2002). Η αύξηση του έρχεται σε απόλυτη συσχέτιση με την αύξηση της άλιπης σωματικής μάζας με μια σταθερή αύξηση στην ημερήσια θερμιδική δαπάνη με τη δυνατότητα δημιουργίας αρνητικού θερμιδικού ελλείμματος (Church et al., 2010; Lemmer et al., 2001; Dolezal & Potteiger, 1998).



3. Η τρίτη μορφή άσκησης είναι ο συνδυασμός των δυο παραπάνω. Όπως αναφέρουν οι Park & Ransone (2003) ο συνδυασμός των δύο μπορεί να προκαλέσει βελτίωση στη σωματική σύσταση από ότι η αερόβια άσκηση μόνη της. Πιο συγκεκριμένα, μείωση του συνολικού λίπους στο σώμα αλλά και του ποσοστού του, μείωση στην ανδροειδή και γυναικοειδή κατανομή του λίπους (περιφέρειες μέσης και ισχίων), καθώς και μείωση του σπλαχνικού λίπους. Παρόμοια αποτελέσματα εμφάνισε και η μελέτη των Church et al (2010) όπου παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της σωματικής μάζας στην ομάδα που συνδύασε τις δυο μορφές άσκησης σε σύγκριση με την κάθε μια ξεχωριστά σε μια παρέμβαση 9 μηνών. Τα παραπάνω ευρήματα δείχνουν πως ο συνδυασμός των δύο μορφών άσκησης μπορεί να έχει μεγαλύτερες επιδράσεις από ότι η καθεμία μόνη της (Ho et al., 2012).

Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει όχι απλά ο τύπος της άσκησης αλλά και η ένταση αυτής. Πιο αναλυτικά, η άσκηση υψηλής έντασης (HIT) εκτελείται σε ένταση > 65% της μέγιστης ικανότητας του ατόμου (De Feo, 2013). Μέρος της είναι και η έντονη διαλειμματική άσκηση (High Intensity Interval Training - HIIT) που αποτελείται από σύντομες επαναλήψεις άσκησης υψηλής έντασης εναλλασσόμενες με περιόδους ανάπαυσης ή άσκησης χαμηλής έντασης και συνδέεται με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην της καρδιοπνευμονικής ικανότητας (Gillen JB, Gibala, 2014; Nybo et al., 2010).

Επιπρόσθετα, υπάρχουν ερευνητικά ευρήματα που υποστηρίζουν πως η HIIT εν συγκρίσει με την υψηλής έντασης συνεχιζόμενη άσκηση είναι αποτελεσματικότερη ως προς τη μείωση του βάρους και επιτυγχάνει την απώλεια βάρους προωθώντας την οξείδωση του λίπους σε μικρότερη χρονική περίοδο και μειώνει την όρεξη (Boutcher, 2011; Tjonna et al., 2008; Trapp et al., 2008). Επιπλέον, μελέτες ανέδειξαν πως η HIIT εκλαμβάνεται από παχύσαρκα άτομα ως πιο ευχάριστη συγκριτικά με τη συνεχή άσκηση μέτριας έντασης, κάτι που αυξάνει τις πιθανότητες της δέσμευσης και της προσήλωσης με το πρόγραμμα ασκήσεων (Kong et al., 2016; Bartlett et al., 2011).

## 2.5. Τα οφέλη της έντονης διαλλειμματικής προπόνησης στο μεταβολισμό ηρεμίας

Εν αντιθέσει με τις υπόλοιπες ασκήσεις, ο νέος τύπος άσκησης, η ΗΙΠΤ, η οποία περιλαμβάνει κυρίως καρδιαγγειακές δραστηριότητες που εκτελούνται σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα δείχνει να είναι πιο αποδοτική και με μικρότερη διάρκεια (Batacan et al., 2017; Foster et al., 2015; Myers et al., 2015). Επιπλέον, η ΗΙΠΤ βελτιώνει την αερόβια ικανότητα (Lunt et al., 2014) και τη σύσταση του σώματος (Hazell et al., 2014), η οποία σχετίζεται με το RMR (Kelly et al., 2013) και το μιτοχονδριακού μεταβολισμού των σκελετικών μυών (Schjerve et al., 2008) τόσο σε υγιείς όσο και σε υπέρβαρους και παχύσαρκους ενήλικες.

Οι μεταβολές που προκαλούνται από τη ΗΙΠΤ στη λειτουργία των μιτοχονδρίων μπορεί να εξηγούν τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην πρόκληση θετικών μεταβολικών προσαρμογών σε σύγκριση με την παραδοσιακή αντοχή ή πρωτόκολλα άσκησης αντιστάσεων, ακόμα και όταν δεν εφαρμόζονται ταυτόχρονα με διατροφικές δοκιμές απώλειας βάρους (Miller et al., 2014).

Είναι φανερό πως κάθε μορφή άσκησης έχει διαφορετικές επιδράσεις στον ασκούμενο. Έτσι λοιπόν, έχει φανεί πως υπάρχει και διαφορετική ανταπόκριση και στο RMR. Οι Dolezal & Potteiger (1998) στη μελέτη τους εξέτασαν σε μια περίοδο 10 εβδομάδων απομονωμένα την επίδραση της προπόνησης αντοχής, της προπόνησης με αντιστάσεις και το συνδυασμό των παραπάνω στο RMR. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως ο RMR αυξήθηκε για την ομάδα που προπονήθηκε με αντιστάσεις αλλά και με το συνδυασμό των δυο, εν αντιθέσει με την ομάδα της αντοχής όπου μειώθηκε σημαντικά. Η μελέτη έδειξε αλλαγές στη σωματική σύσταση καθώς και αύξηση του RMR, οποίος σχετίζεται απόλυτα με την αύξηση της άλιπης μάζας, δηλαδή την αύξηση των μεταβολικών απαιτήσεων εξαιτίας της υπερτροφίας των σκελετικών

μυών που έρχεται ως αποτέλεσμα της προπόνησης με αντιστάσεις και όχι της προπόνησης αντοχής.

Οι Osterberg & Melby (2000) σε μελέτη τους εξέτασαν την επίδραση μιας προπόνησης με αντιστάσεις στο RMR σε σύγκριση με την προηγούμενη μέρα και τις επόμενες 16 ώρες (το αμέσως επόμενο πρωί). Το πρωτόκολλο άσκησης περιελάμβανε πολυαθρικές ασκήσεις των πέντε σετ και από 15 έως 10 επαναλήψεις. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης έδειξαν πως η συγκεκριμένη προπόνηση επηρέασε το RMR κατά 4,2% προκαλώντας την αύξησή του. Αξίζει να σημειωθεί πως η παρούσα μελέτη εξέταζε ταυτοχρόνως και το αναπνευστικό πηλίκο των εξεταζόμενων. Έτσι λοιπόν, βρέθηκε πως συγκριτικά πριν και την επόμενη μέρα μετά την προπόνηση, το αναπνευστικό πηλίκο μειώθηκε, ενώ αυξήθηκε κατά 62% η κατανάλωση λιπαρών οξέων προς χρήση του από τον οργανισμό για παραγωγή ενέργειας.

Εν αντιθέσει με την προπόνηση με αντιστάσεις, η μελέτη των Scharhag-Rosenberger (2009) αποδεικνύει πως σε διάρκεια ενός έτους η προπόνηση αντοχής δεν είναι ικανή να προκαλέσει αλλαγές στον μεταβολισμό ηρεμίας. Παρ' όλα αυτά, σύμφωνα με τον Poehlman (1989) η αύξηση της έντασης στο συγκεκριμένο τύπο προπόνησης είναι ικανή να αυξήσει το RMR.

Όπως προαναφέρθηκε, ο νέος τύπος άσκησης που έχει κάνει την εμφάνιση του μέσα από την αντίστοιχη βιβλιογραφία έχει διάφορες παραλλαγές. Η διερεύνηση της ενεργειακής δαπάνης τις επόμενες ώρες μετά την άσκηση είναι γενικά περιορισμένη όσον αφορά τα πρωτόκολλα διαλειμματικής μορφής και υψηλής έντασης και τα αποτελέσματα ποικίλουν από μελέτη σε μελέτη. Ωστόσο, σε μελέτες όπως αυτή των Kelly et al (2013) όπου συνέκριναν δύο πρωτόκολλα διαλειμματικής μορφής υψηλής έντασης με αντιστάσεις, η αναλογία στο πρώτο πρωτόκολλο ήταν ένα λεπτό άσκησης με ένα λεπτό ξεκούρασης και στο δεύτερο ήταν τέσσερα λεπτά άσκησης με δύο λεπτά ξεκούρασης. Στη συγκεκριμένη μελέτη μετρήθηκε η

πρόσληψη οξυγόνου τις πρώτες ώρες κατά την αποκατάσταση. Βρέθηκε λοιπόν ότι και στα δυο γκρουπ η πρόσληψη οξυγόνου μέσα σε διάστημα 11 ωρών μετά την προπόνηση είχε μια μικρή αύξηση για σύντομο χρονικό διάστημα. Εν αντιθέσει με άλλες μελέτες, όπως αυτή των Knab et al (2011) όπου σε μέτριας έντασης συνεχόμενης ποδηλασίας η πρόσληψη οξυγόνου στην περίοδο αποκατάστασης ήταν αυξημένη για παρατεταμένο χρονικό διάστημα .

Έπειτα οι Schubert et al (2017) εξέτασαν την επίδραση δυο διαφορετικών πρωτόκολλων προπόνησης υψηλής έντασης σε διάστημα τεσσάρων εβδομάδων. Στη μελέτη εφαρμόστηκε ένα πρωτόκολλο άσκησης διαλειμματικής μορφής που περιελάμβανε sprint έως 20 δευτερόλεπτα και ακόμη ένα βασισμένο στη μελέτη των Kelly et al (2013) που προαναφέρθηκε με πρωτόκολλο προπόνησης υψηλής έντασης με αντιστάσεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως ο RMR αυξήθηκε σημαντικά τις πρώτες 24 ώρες μόνο για την ομάδα που εκτελούσε το πρωτόκολλο των sprint, ενώ από την άλλη μεριά δεν βρέθηκε κάποια σημαντική αλλαγή για την ομάδα που ασκούταν με αντιστάσεις. Πιο συγκεκριμένα, για την πρώτη ομάδα η αύξηση ήταν σχεδόν η διπλάσια από αυτή της δεύτερης. Αξίζει να αναφερθεί πως αυτή η αύξηση των 24 ωρών μπορεί εύκολα να επαναπροσληφθεί μέσω της διατροφής, ωστόσο οι αλλαγές που προκαλούνται στην άλιπη σωματική μάζα, η όποια φαίνεται πως αυξάνεται μέσα από τα συγκεκριμένα πρωτοκολλά, φαίνεται πως λειτουργούν θετικά στη διατήρηση του RMR σε υψηλά επίπεδα σε βάθος χρόνου (Schubert et al., 2017).

## **2.6. Σημασία της μελέτης**

Η παρούσα μελέτη διερευνά την επίδραση της HIIT στον RMR σε ένα υπέρβαρους και παχύσαρκους ενήλικες και παρουσιάζει υψηλή επιστημονική αξία καθώς μπορεί να συμβάλει στη γνώση της επίδρασης της HIIT στον RMR, μία γνώση που μπορεί να είναι ιδιαίτερος χρήσιμη ως κλινικό εργαλείο αξιολόγησης και διαστρωμάτωσης κινδύνου. Στη μελέτη χρησιμοποιήθηκε ένα πρωτόκολλο άσκησης που παντρεύει όλους τους παραπάνω παράγοντες

που είναι ικανοί να αντιμετωπίσουν την παχυσαρκία, γεγονός που αναδεικνύει τη σημαντικότητά της. Πρόκειται για μια διαλλειμματικής μορφής άσκηση υψηλής έντασης με φορητό εξοπλισμό. Πιο συγκεκριμένα, το πρωτόκολλο περιείχε ασκήσεις νευρομυϊκής συναρμογής με χρήση φορητού εξοπλισμού, η διάρκεια κάθε επανάληψης ήταν συγκεκριμένη και η ένταση υψηλή. Στόχος ήταν να προσεγγίσει και να συνδυαστεί με τις μεταβολικές προσαρμογές και την αποτελεσματικότητα από άποψη χρόνου με το πρωτόκολλο άσκησης HIIT (Haff et al., 2016).

Το πρόγραμμα άσκησης που χρησιμοποιήθηκε παρουσιάζει μοναδικά χαρακτηριστικά και μπορεί να μειώσει την παχυσαρκία χωρίς να απαιτείται διατροφική παρέμβαση. Επιδιώκοντας να αξιολογήσει τον RMR τις πρώτες 24 ώρες μετά την εφαρμογή της HIIT σε υπέρβαρα και παχύσαρκα άτομα και εν συνεχεία μετά από 48 και 72 ώρες αντίστοιχα, συνιστά μία ερευνητική μελέτη με μοναδικά χαρακτηριστικά.

Βασιζόμενος ο σχεδιασμός της μελέτης σε μια αντίστοιχη μελέτη των Batrakoulis et al (2018) η παρούσα έρευνα έδειξε ότι το ίδιο ακριβώς πρόγραμμα άσκησης είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση την ημερήσιας ενεργειακής δαπάνης σε σχέση με την προσλαμβανόμενη ενέργεια μέσω της διατροφής, με τελικό αποτέλεσμα τη μείωση της σωματικής μάζας περίπου κατά 6% και της λιπώδους μάζας κατά 5,5%. Επιπλέον, είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της καρδιοαναπνευστικής αντοχής περίπου κατά 25%, ενώ τέλος υπήρξε ένα υψηλό και σταθερό ποσοστό προσκόλλησης στο πρόγραμμα άσκησης.

Τόσο στην παρούσα μελέτη όσο και στην αντίστοιχη των Batrakoulis et al. (2018) δεν χρησιμοποιήθηκε καμία διατροφική παρέμβαση. Η ημερήσια διατροφική πρόσληψη παρέμεινε σταθερή, ενώ φάνηκε πως τις ημέρες της άσκησης η θερμιδική δαπάνη αυξήθηκε από 6 έως και 10%. Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε αντίθεση με τις συνηθισμένες μελέτες όπου έχουν αναφέρει πως η προπόνηση αντοχής σε συνδυασμό με ισοθερμιδική πρόσληψη έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του μεταβολικού ρυθμού περίπου κατά 7% και του

απαιτούμενου ενεργειακού ελλείμματος που προκαλεί η ίδια η άσκηση με στόχο τη διαχείριση του βάρους (Thomas et al., 2012).

Στο αντίστοιχο πρωτόκολλο που χρησιμοποίησαν και οι Batrakoulis et al. (2000) ο μεταβολικός ρυθμός αυξήθηκε προοδευτικά κατά τη διάρκεια της μελέτης μέσα σε διάστημα δέκα μηνών. Αν και παρατηρήθηκε πως υπήρξε μια συνολική αύξηση του RMR έπειτα από τη δεκάμηνη παρέμβαση, δεν ερευνήθηκε η αύξηση του RMR αμέσως μετά από μια προπονητική μονάδα που αναμένεται να υπήρξε, οπότε δεν είναι γνωστό το ποσοστό μιας τέτοιας αύξησης, καθώς και ο χρόνος που διαρκεί αυτή η αύξηση άρα και η θερμιδική δαπάνη. Έτσι, με την παρούσα μελέτη έγινε προσπάθεια να διερευνηθούν αυτά τα ερωτήματα.

Η μελέτη περιελάμβανε μια τρίμηνη παρέμβαση σε υπέρβαρους και παχύσαρκους αγύμναστους ανθρώπους, άνδρες και γυναίκες, μεταξύ 30 έως 50 ετών. Η συμμετοχή τους στο παρεμβατικό πρόγραμμα περιείχε τρεις προπονήσεις την εβδομάδα σε ένα πρωτόκολλο υψηλής έντασης, διαλειμματικής μορφής και με ασκησιολόγιο που περιελάμβανε ασκήσεις νευρομυϊκής συναρμογής με την χρήση φορητού εξοπλισμού. Βασικός παράγοντας της μελέτης είναι η απουσία διατροφικής παρέμβασης ή μείωση της ημερήσια θερμιδικής πρόσληψης ή φυσικής δραστηριότητας.

## **2.7. Σκοπός της μελέτης**

Σκοπός της είναι να διερευνήσει την επίδραση του παραπάνω προγράμματος στο RMR τις πρώτες 24 ώρες, καθώς και τις επόμενες 48 και 72. Με τον τρόπο αυτό, θα γίνει προσπάθεια να αποσαφηνιστεί: α) ποια είναι η επίδραση του συγκεκριμένου πρωτοκόλλου άσκησης στο RMR μέχρι και 72 ώρες μετά από μια συνεδρία άσκησης, β) για πόσες ώρες διαρκεί αυτή η αύξηση, γ) από το ποσοστό αυτής της αύξησης ποια είναι η θερμιδική δαπάνη σε σχέση με τη θερμιδική πρόσληψη δ) από την εκάστοτε θερμιδική δαπάνη πόσες χλιοθερμίδες μπορεί ένας ασκούμενος να καταναλώσει με το συγκεκριμένο πρωτόκολλο

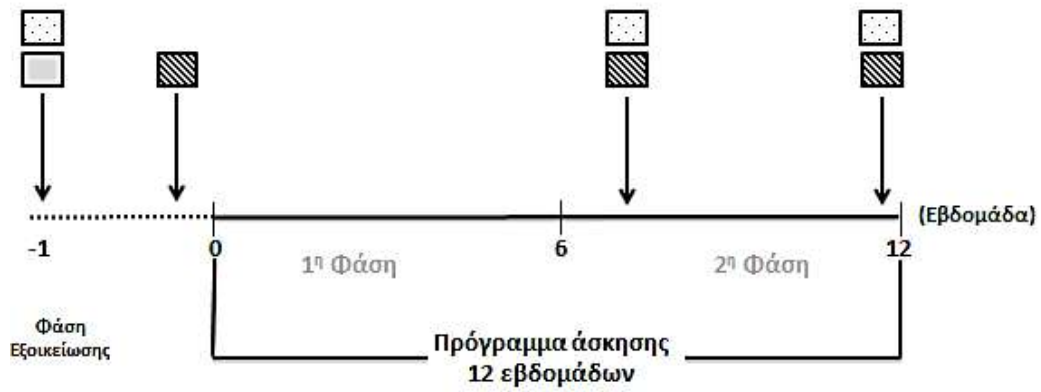
άσκησης προκείμενου να αυξήσει τη θερμιδική του δαπάνη, να αυξήσει το αρνητικό ημερήσιο και μακροπρόθεσμα εβδομαδιαίο θερμιδικό ισοζύγιο, με στόχο μέσω αυτής της μείωσης να καταφέρει να χάσει βάρος και να διαχειριστεί το πρόβλημα της παχυσαρκίας.

### **3. Μεθοδολογία**

Η παρούσα μελέτη, χρησιμοποιώντας ένα πρωτόκολλο άσκησης όπου συνδυάζει την αερόβια με την άσκηση με αντιστάσεις, προσεγγίζει της μεταβολικές μεταβολές της έντονης διαλειμματικής προπόνηση (HIIT) και προσπαθεί να εντοπίσει το ποσοστό και τη διάρκεια της μεταβολής του RMR ηρεμίας έπειτα από 24, 48 αλλά και 72 ώρες από μια συνεδρία άσκησης. Μέσα από την αναμενόμενη αύξηση του RMR θα υπολογιστεί πόσες χιλιοθερμίδες επιπλέον μπορεί να δαπανήσει ένας ασκούμενος σε εβδομαδιαίο επίπεδο, με στόχο τη μείωση του σωματικού βάρους και ως τελικό αποτέλεσμα τη μείωση της παχυσαρκίας χωρίς καμία διατροφική παρέμβαση αλλά με μοναδικό παράγοντα τη σωματική άσκηση.

Ο ερευνητικός σχεδιασμός περιελάμβανε δυο τυχαιοποιημένες ομάδες, την ομάδα ελέγχου και καθώς και την ομάδα η οποία εκτελούσε το πρόγραμμα άσκησης. Κατά τη διάρκεια του ερευνητικού προγράμματος, και οι δύο ομάδες επισκέπτονταν τις εγκαταστάσεις του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας προκειμένου είτε να συμμετέχουν στο πρόγραμμα άσκησης είτε να αξιολογούνται στις εκάστοτε μεταβλητές που αξιολογήθηκαν στην παρούσα μελέτη, για το διάστημα μεταξύ του Απριλίου 2019 έως τον Ιούνιο του 2019. Ο ερευνητικός σχεδιασμός παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.



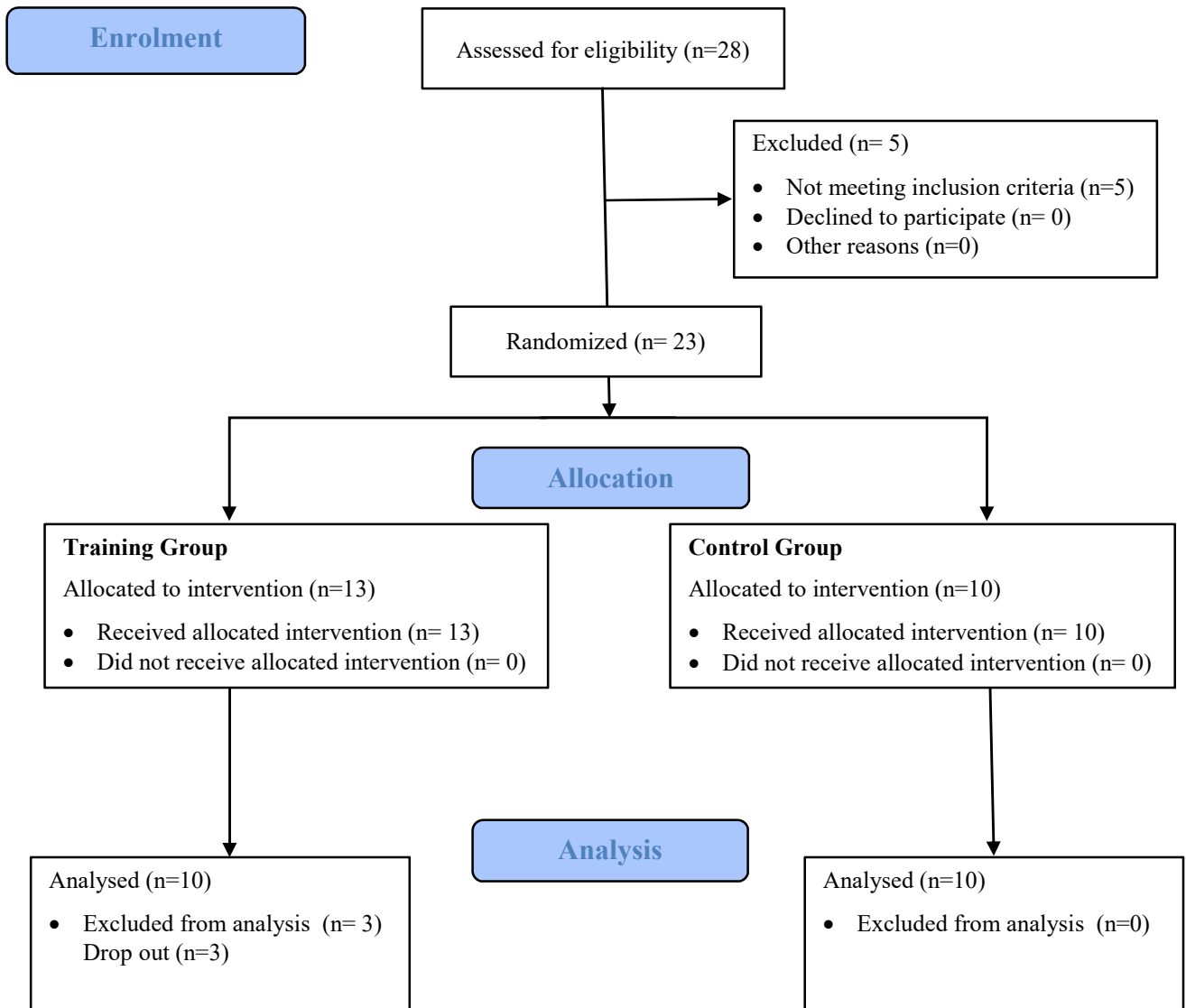


↓ Τελευταία συνεδρία άσκησης της κάθε φάσης

- RMR (baseline)
- ▨ RMR (24 πριν και 24, 48, 72 ώρες μετά από την τελευταία συνεδρία άσκησης της φάσης)
- ▤ RMR, ανθρωπομετρικά, φυσική κατάσταση, διατροφικά ημερολόγια

**Σχήμα 1.** Σχηματική απεικόνιση του ερευνητικού σχεδιασμού της παρέμβασης.

 **CONSORT**  
TRANSPARENT REPORTING of TRIALS  
CONSORT 2010 Flow Diagram



Σχήμα 2. CONSORT διάγραμμα της μελέτης.

## **Συμμετέχοντες**

Σύμφωνα με την ανάλυση ισχύος που πραγματοποιήθηκε, κρίθηκε πως ένας αριθμός 8-12 ατόμων απαιτούνταν για να παρατηρηθούν σημαντικές διαφορές στις εξεταζόμενες μεταβλητές ( $\alpha = 0.90$ ). Δέκα εθελοντές (2 άνδρες και 8 γυναίκες) έλαβαν μέρος στην παρέμβαση (πειραματική ομάδα – ΠΟ) και άλλοι 10 (3 άνδρες και 7 γυναίκες) συμμετείχαν μόνο στις μετρήσεις αλλά όχι στην παρέμβαση (ομάδα ελέγχου – ΟΕ). Όλοι ήταν υγιή άτομα, υπέρβαρα και παχύσαρκα πρώτου βαθμού (με δείκτη μάζας σώματος 25-35 kg/m<sup>2</sup>). Η ηλικία τους ήταν μεταξύ 30 έως 50 ετών, είχα κατά βάση έναν καθιστό – υποκινητικό τρόπο ζωής, ενδιαφέρονταν να μειώσουν το βάρος τους, ενώ σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές της διαστρωμάτωσης κινδύνου για στεφανιοπάθεια, το δείγμα της μελέτης έπρεπε να ανήκει στην κατηγορία χαμηλού κινδύνου (Thompson et al., 2013), ώστε να επιτρέπεται η εφαρμογή άσκησης μέτριας έντασης (40-60% VO<sub>2</sub>R) αλλά και μέτριας-υψηλής έντασης (>60% VO<sub>2</sub>R) χωρίς απαραίτητα τη διεξαγωγή μέγιστης ή υπομέγιστης εργοδοκιμασίας με ιατρική επίβλεψη πριν τη μελέτη. Τα αρχικά ανθρωπομετρικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Όλες οι διαδικασίες εφαρμόστηκαν σύμφωνα με τη Διακήρυξη του Ελσίνκι του 1975, όπως αναθεωρήθηκε το 2000, και εγκρίθηκε από την Εσωτερικής Επιτροπής Δεοντολογίας του Τμήματος Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (α.π. 1494). Η παρούσα μελέτη είναι καταχωρημένη στην ιστοσελίδα ClinicalTrials.gov (NCT03972059).

**Πίνακας 1.** Αρχικά ανθρωπομετρικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά συμμετεχόντων στην πειραματική (ΠΟ) και την ομάδα ελέγχου (ΟΕ).

|   | <b>ΠΟ</b>    | <b>ΟΕ</b>    |
|---|--------------|--------------|
| <b>ΗΛΙΚΙΑ (έτη)</b>                             | 42,6±2,3     | 40,1±5,7     |
| <b>ΥΨΟΣ (cm)</b>                                | 170,0±7,0    | 172,1±10,3   |
| <b>ΒΑΡΟΣ (kg)</b>                               | 92,4±7,8     | 93,7±6,1     |
| <b>ΠΟΣΟΣΤΟ ΛΙΠΟΥΣ (%)</b>                       | 48,6±7,5     | 48,3±7,2     |
| <b>ΔΜΣ (kg/m<sup>2</sup>)</b>                   | 32,1±2,2     | 31,7±1,7     |
| <b>WHR</b>                                      | 1,00±0,05    | 1,01±0,03    |
| <b>RMR (kcal/ημέρα)</b>                         | 1738,8±231,7 | 1711,4±231,3 |
| <b>LEG PRESS 1RM</b>                            | 1,27±0,16    | 1,25±0,12    |
| <b>CHEST PRESS 1RM</b>                          | 0,48±0,08    | 0,47±0,07    |
| <b>ΔΙΠΛΩΣΕΙΣ ΚΟΡΜΟΥ</b>                         | 9,7±4,6      | 9,2±3,5      |
| <b>ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΟΞΥΓΟΝΟΥ (ml/kg/min)</b>    | 28,2±2,7     | 28,7±2,8     |
| <b>ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΘΕΡΜΙΔΙΚΗ ΠΡΟΣΛΗΨΗ (kcal/ημέρα)</b> | 2061,4±310,7 | 2045,7±422,6 |

### **Πρωτόκολλο άσκησης**

Η παρέμβαση διάρκειας δώδεκα εβδομάδων περιελάμβανε τρεις συνεδρίες άσκησης την εβδομάδα σε μικρές ομάδες (έως οκτώ άτομα ανά ομάδα). Μεταξύ των τριών προπονήσεων υπήρχαν από 48 έως 72 απόχης από κάποιο πρωτόκολλο άσκησης.

Το πρωτόκολλο άσκησης περιελάμβανε ασκήσεις που βασίζονταν στα θεμελιώδη κινητικά πρότυπα (κάθισμα, πίεσης, έλξη κ.α.) και εκτελούνταν με την χρήση του σωματικού βάρους ως αντίσταση ή φορητό εξοπλισμό όπως ιατρικές μπάλες, δράμια, μάντες αιώρησης (Klika et al., 2013; Myers et al., 2015).

Σε κάθε συνεδρία ακολουθήθηκε ένα συγκεκριμένο πλάνο προπόνησης που περιελάμβανε, σε αρχικό επίπεδο προθέρμανση διάρκειας δέκα λεπτών με την χρήση ασκήσεων βασισμένες στο ασκησιολόγιο του κυρίως μέρος της προπόνησης, εκτελούμενες σε χαμηλή ένταση και σε συνδυασμό με διατατικές και κινητικότητας ασκήσεις. Το βασικό μέρος της προπονητικής διαδικασίας περιελάμβανε, από οκτώ έως δέκα ασκήσεις ανά συνεδρία ύπο τη μορφή σταθμών. Η διάρκεια κυμαινόταν από την αφετηρία έως το τέλος της παρέμβασης μεταξύ  $20 \pm 30$  δευτερόλεπτα ανά άσκηση, ενώ ο χρόνος ανάληψης μεταξύ αυτών ήταν  $40 \pm 30$  δευτερόλεπτα. Κάθε συνεδρία περιελάμβανε τρεις κύκλους στο βασικό μέρος με δύο έως τρία λεπτά διάλειμμα μεταξύ αυτών. Στο τέλος του βασικού μέρους υπήρχε μια αποθεραπεία διάρκειας πέντε λεπτών με διατατικές ασκήσεις.

Σκοπός ήταν οι συμμεντέχοντες να πραγματοποιήσουν όσο το δυνατόν περισσότερες επαναλήψεις σε κάθε σταθμό, έλεγχοντας σε κάθε περίπτωση την τεχνική και την ταχύτητα εκτέλεσης. Σε κάθε συνεδρία δόθηκε έμφαση στην αύξηση του καρδιαγγειακού ρυθμού καθώς και στο νευρομυϊκό συντονισμό. Κατά την προπονητική διαδικασία, οι συμμεντέχοντες αύξαναν σταδιακά το φορτίο της εξωτερικής τους αντίστασης με βάση τις δυνατότητές τους χωρίς να θυσιάζεται η άρτια τεχνική εκτέλεση.

Μεταξύ των δώδεκα εβδομάδων, η διαδικασία διαιρέθηκε σε μια φάση εξεικώωσης και δυο φάσεις στην κύρια παρέμβαση. Αφετηρία του προγράμματος ήταν η φάση εξεικώωσης κατά την οποία ο όγκος και η ένταση διατηρήθηκε σε χαμηλό επίπεδο. Προχωρώντας στην πρώτη και την δεύτερη φάση της παρέμβασης, υπήρξε μια προοδευτική αύξηση του όγκου και της έντασης.

Κάτα τη διάρκεια κάθε συνεδρίας άσκησης η ένταση παρακολούθηκε με την καταγραφή της καρδιακής συχνότητας με την χρήση καρδιοσυχνόμετρων (Polar Team Solution, Polar Electro-Oy, Kempele, Finland). Σε κάθε προπόνηση καταγράφηκε ο μέσος και ο μέγιστος καρδιακός ρυθμός. Ταυτοχρόνως, τόσο με την χρήση έντονης μουσικής

υπόκρουσης όσο και με λεκτική ενθάρρυνση, οι ερευνητές προσπάθησαν να παρακινήσουν τους συμμετέχοντες να διατηρήσουν την ένταση πάνω από το 65% της μέγιστης καρδιακής τους συχνότητας σε όλη την διάρκεια της προπόνησης, ενώ μεταξύ του κάθε κύκλου καταγράφηκε η υποκειμενική αίσθηση κόπωσης. Η ένταση της κάθε συνεδρίας υπολογίστηκε με βάση τον μέσο καρδιακό ρυθμό σε σχέση με τη μέγιστη καρδιακή συχνότητα που καταγράφηκε κατά τη διάρκεια της μέγιστης πρόσληψης οξυγονου ( $V_{O2max}$ ).

**Πίνακας 2.** Χαρακτηριστικά του προγράμματος άσκησης κατά τη διάρκεια της 1<sup>ης</sup> και της 2<sup>ης</sup> φάσης.

|  | <b>Φάση 1<sup>η</sup></b> | <b>Φάση 2<sup>η</sup></b> |
|--|---------------------------|---------------------------|
| <b>Διάρκεια προπόνησης</b>                 | 30min                     | 36                        |
| <b>Πραγματικός χρόνος άσκησης</b>          | 15min                     | 24                        |
| <b>Χρόνος αποκατάστασης</b>                | 15min                     | 12                        |
| <b>Διάρκεια set (sec)</b>                  | 20                        | 30                        |
| <b>Αποκατάσταση (sec)</b>                  | 40                        | 30                        |
| <b>Κύκλοι</b>                              | 3                         | 3                         |
| <b>Δείκτης υποκειμενικής κόπωσης (RPE)</b> | 13,9                      | 15,1                      |
| <b>Μέση καρδιακή συχνότητα</b>             | 132,5±9,4                 | 159,3±7,5                 |
| <b>% μέγιστης καρδιακής συχνότητας</b>     | 80,6±4,4                  | 87,7±2,6                  |

**Πίνακας 3.** Προπονητικά μέσα που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε φάση του προγράμματος.

| <b>Προπονητικά μέσα</b> | <b>Φάση 1η</b> | <b>Φάση 2η</b> |
|-------------------------|----------------|----------------|
|-------------------------|----------------|----------------|

|   |  |                                      |
|---|--|--------------------------------------|
| <b>Αλτήρες</b>                          | Μονοποδικό κάθισμα και πίεση εμπρός    | Μονοποδικό κάθισμα και στροφή κορμού |
| <b>Ιατρική μπάλα</b>                    | Κάθισμα                                | Κάθισμα και πίεση μπρος              |
| <b>Kettlebell</b>                       | Κάθισμα sumo                           | Κάθισμα sumo και έλξεις              |
| <b>Ασκήσεις με το βάρος του σώματος</b> | Κάμψεις<br>Σανίδα ισορροπίας<br>Γέφυρα | Σανίδα ισορροπίας<br>Γέφυρα          |
| <b>Speed ladder</b>                     | Skipping χαμηλής έντασης               | Skipping υψηλής έντασης              |
| <b>Ιμάντες αιώρησης</b>                 | Έλξεις                                 | Έλξεις σε λαβή T<br>Κάμψεις          |

### ***Διαιτολόγιο και διατροφική αξιολόγηση***

Από όλους τους συμμετέχοντες ζητήθηκε να ακολουθήσουν μια ισορροπημένη διατροφή και μια φυσιολογική σωματική δραστηριότητα. Με την καθοδήγηση διαιτολόγου, οι συμμετέχοντες προσάρμοσαν τη διατροφή τους ώστε να περιέχει 55-60% υδατάνθρακες, 15-20% πρωτεΐνη και 20-25% λίπος. Η διατροφική αξιολόγηση ξεκίνησε κατά την αρχική περίοδο αξιολόγησης και προσαρμογής στην οποία παρακολούθηθηκε η σωματική μάζα.. Για την αξιολόγηση των διατροφικών συνηθειών, οι συμμετέχοντες υπέβαλαν επταήμερα διατροφικά ημερολόγια ύστερα από ενημέρωση σχετικά με τον τρόπο καταγραφής των τροφίμων και των υγρών που είχαν καταναλώσει. Όλοι οι συμμετέχοντες έλαβαν οδηγίες να διατηρήσουν σταθερές τις διατροφικές του συνήθειες και να αποφύγουν τυχόν διατροφικές παρεμβάσεις καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης. Τα διατροφικά ημερολόγια αναλύθηκαν για την πρόσληψη ενέργειας και μακροθρεπτικών συστατικών (υδατάνθρακες, λίπη και πρωτεΐνες) με την χρήση του λογισμικού διατροφικής ανάλυσης Science Fit Diet 200A (Science Technologies, Αθήνα, Ελλάδα).

## **Μετρήσεις**

Οι συμμετέχοντες επισκέφθηκαν τις εγκαταστάσεις του ΤΕΦΑΑ του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας συνολικά 20 φορές, σε διάστημα 13 εβδομάδων, για διάφορες αξιολογήσεις που είχαν διάρκεια περίπου 1 ώρα ανά επίσκεψη στο εργαστήριο Εργοφυσιολογίας.

Αρχικά έγινε η πρώτη επίσκεψη για αξιολόγηση των ανθρωπομετρικών και φυσιολογικών χαρακτηριστικών πριν την έναρξη του προπονητικού πρωτοκόλλου. Πιο συγκεκριμένα, μετρήθηκε το σωματικό βάρος και ύψος με ζυγό φορώντας όσο το δυνατόν λιγότερα ρούχα και χωρίς παπούτσια. Η αξιολόγηση έγινε με την χρήση βαθμονομημένης ζυγαριάς (Stadiometer 208; Seca, Birmingham, UK). Στους συμμετέχοντες ζητήθηκε να σταθούν στο κέντρο της και να κατανέμουν το βάρος τους και στα δυο κάτω άκρα. Αντίστοιχα, το ύψος αξιολογήθηκε με το αναστημόμετρο (Stadiometer 208; Seca, Birmingham, UK), όπου από τους συμμετέχοντες ζητήθηκε να έχουν ενωμένες τις πτέρνες τους ενώ ταυτόχρονα οι πτέρνες, οι γλουτοί και το πάνω μέρος της πλάτης να βρίσκονται σε επαφή με το αναστημόμετρο ενώ ταυτοχρόνως κοιτούσαν ευθεία. Κατά τη μέτρηση εισέπνεαν βαθιά καθώς ο αξιολογητής κατέβαζε τον οριζόντιο οδηγό στο χαμηλότερο δυνατό σημείο. Ακόμη αξιολογήθηκαν οι περιφέρειες μέσης και ισχίων με ανελαστική μετροταινία, καθώς και το ποσοστό λιπώδους και άλιπης σωματικής μάζας με απορροφησιομετρία ακτινών X διπλής ενέργειας με σύστημα DEXA (GE Healthcare, Lunar DPX-NT) (Haff, G. et al., 2015).

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε δοκιμασία περπατήματος ή τρεξίματος σε δαπεδοεργόμετρο (Eddeling treadmill test) για την αξιολόγηση της αερόβιας ικανότητας. Για τον υπολογισμό του RMR, μετρήθηκε το προσλαμβανόμενο οξυγόνο και εκπνεόμενο διοξείδιο του άνθρακα έπειτα από ανάπαυση μεταξύ 7:00 και 9:00 το πρωί. Χρησιμοποιήθηκε ένα έμμεσο θερμιδόμετρο ανοιχτού κυκλώματος με σύστημα εξαερισμού (Vman Encore 29, BEBJO296, Carefusion, USA) (Westerterp-Plantenga, M.S et al., 2009 ).



Εν συνεχεία μετρήθηκε η μέγιστη δύναμη των άνω και κάτω άκρων με την έμμεση μέθοδο μέτρησης (American College of Sports Medicine, 2017) σε μηχανήματα με αντιστάσεις για πιέσεις στήθους και οριζόντιες πιέσεις ποδιών, αντίστοιχα (Technogym Italy, SKF, ECV 205). (Franklin, B. A et al., 2000). Πέρα από την αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης μετρήθηκε και η μυϊκή αντοχή του κορμού με την χρήση της δοκιμασίας διπλώσεων κορμού(Franklin, B. A et al., 2000). Κατά τη διάρκεια της άσκησης γινόταν καταγραφή της καρδιακής τους συχνότητας με την χρήση καρδιοσυχνόμετρων (Polar T34 Transmitter).

#### 4. Στατιστική ανάλυση

Αρχικά πραγματοποιήθηκε έλεγχος κανονικότητας με Shapiro-Wilk test και φάνηκε ότι όλες οι μεταβλητές εκτός από το RMR και την ημερήσια ενεργειακή πρόσληψη ακολουθούν την κανονική κατανομή. Επομένως, για τις μεταβλητές RMR και ημερήσια ενεργειακή πρόσληψη εφαρμόστηκαν μη παραμετρικές μέθοδοι ανάλυσης, ενώ για όλες τις υπόλοιπες μεταβλητές εφαρμόστηκαν παραμετρικές μέθοδοι ανάλυσης.

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά τις μη παραμετρικές μέθοδοι ανάλυσης, πραγματοποιήθηκε Kruskal-Wallis Test για να εξεταστεί η επίδραση του παράγοντα φάσης του προγράμματος (baseline, φάση 1, φάση 2) σε όλες τις χρονικές στιγμές (pre, 24 ώρες, 48 ώρες, 72 ώρες) σε κάθε ομάδα (ΟΕ και ΠΟ). Έπειτα έγινε εξέταση της κύριας επίδρασης του παράγοντα χρόνος (pre, 24 ώρες, 48 ώρες, 72 ώρες) σε κάθε φάση του προγράμματος (baseline, φάση 1, φάση 2) για κάθε ομάδα (ΟΕ και ΠΟ) με το Friedman Test. Όπου εντοπίστηκαν σημαντικές διαφορές, πραγματοποιήθηκε Wilcoxon Test για να εξεταστεί μεταξύ ποιων χρονικών στιγμών υπήρχαν διαφορές.

Όσον αφορά τις παραμετρικές μεθόδους ανάλυσης, η διερεύνηση διαφορών μεταξύ ομάδας ελέγχου (ΟΕ) και πειραματικής ομάδας (ΠΟ) ως προς τις μεταβλητές ηλικία και ύψος έγινε με κριτήριο-t για ανεξάρτητα δείγματα. Τέλος, πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στο χρόνο για να εξεταστούν διαφορές μεταξύ φάσεων του προγράμματος (pre, φάση 1, φάση 2) και μεταξύ των ομάδων (ΟΕ και ΠΟ).

Το στατιστικό πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για τις αναλύσεις είναι το SPSS Έκδοση 18.0 (SPSS Inc., USA). Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας τέθηκε στο  $p=0.05$ . Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται μέσος όρος  $\pm$  τυπική απόκλιση.

## 5. Αποτελέσματα

### *Ανθρωπομετρικά και σωματομετρικά χαρακτηριστικά*

Όσον αφορά τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά, φάνηκε ότι υπήρξε σημαντική μείωση του σωματικού βάρους μετά τη 1<sup>η</sup> (-2.6% [0.79 – 3.93];  $p=0.003$ ) και τη 2<sup>η</sup> φάση (-4.4% [2.61 – 5.53];  $p=0.000$ ) του προγράμματος άσκησης σε σύγκριση με την αρχική μέτρηση (PRE), όπως επίσης σημαντική μείωση (-1.9% [0.08 – 3.34];  $p=0.038$ ) από τη 1<sup>η</sup> στη 2<sup>η</sup> φάση του προγράμματος άσκησης στην ΠΟ (Εικόνα 1.Α).

Επιπλέον στην ΠΟ υπήρξε σημαντική μείωση του ΔΜΣ μετά τη 1<sup>η</sup> (-2.6% [0.29 – 1.41];  $p=0.003$ ) και τη 2<sup>η</sup> φάση (-4.5% [0.90 – 1.98];  $p=0.000$ ) του προγράμματος άσκησης σε σύγκριση με την αρχική μέτρηση, όπως επίσης σημαντική μείωση (-1.9% [0.02 – 1.16];  $p=0.042$ ) από τη 1<sup>η</sup> στη 2<sup>η</sup> φάση του προγράμματος άσκησης (Εικόνα 1.Β).

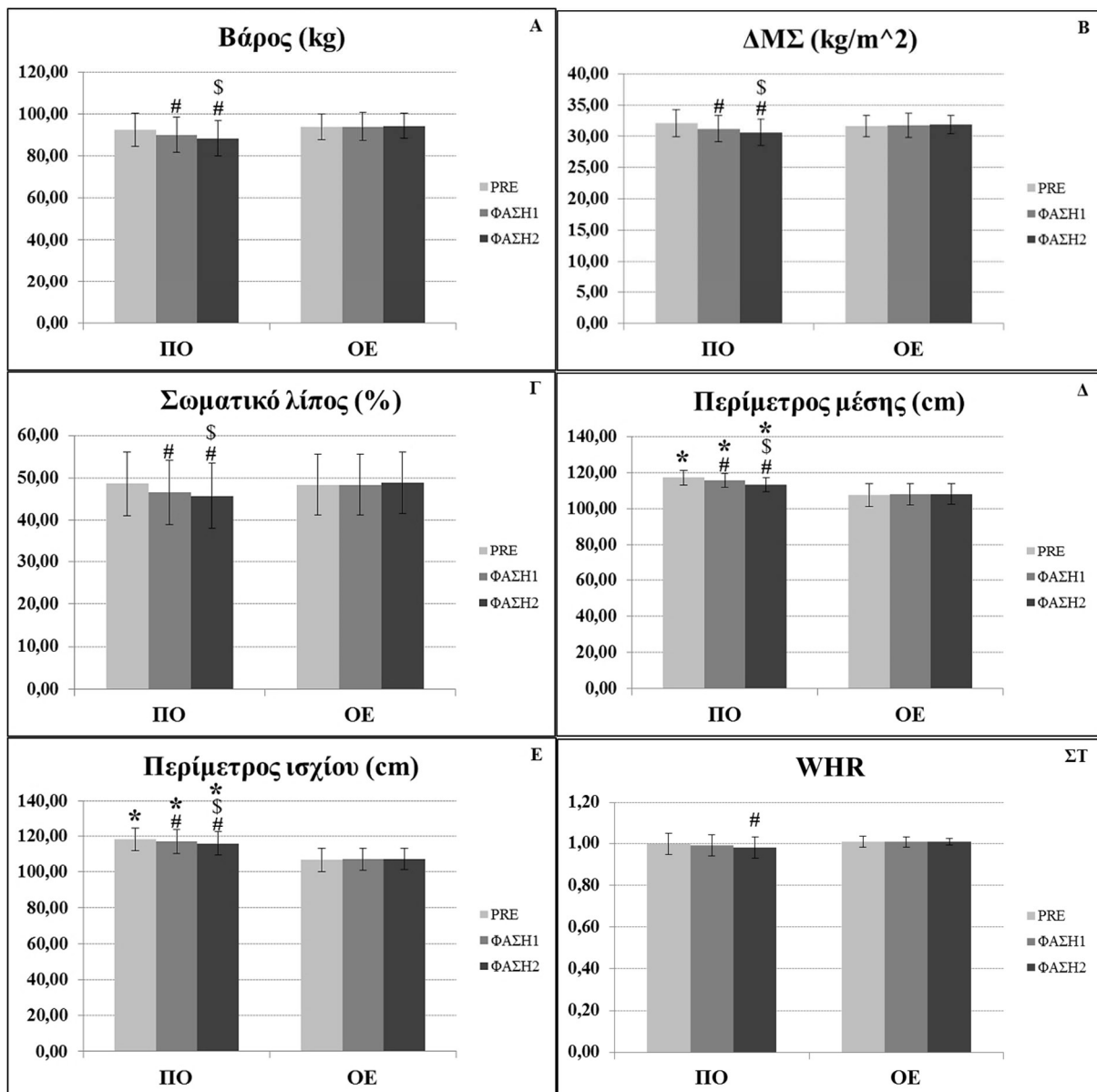
Σημαντική μείωση παρουσίασε και το σωματικό λίπος μετά τη 1<sup>η</sup> (-4.3% [1.04 – 3.14];  $p=0.000$ ) και τη 2<sup>η</sup> φάση (-5.9% [1.8 – 3.92];  $p=0.000$ ) του προγράμματος άσκησης σε σύγκριση με την αρχική μέτρηση, όπως επίσης σημαντική μείωση (-1.7% [0.20 – 1.34];  $p=0.007$ ) από τη 1<sup>η</sup> στη 2<sup>η</sup> φάση του προγράμματος άσκησης στην ΠΟ (Εικόνα 1.Γ).

Οι συμμετέχοντες στην ΠΟ είχαν μεγαλύτερη περίμετρο μέσης σε σύγκριση με τους συμμετέχοντες στην ΟΕ πριν (9.7% [5.47 – 15.33];  $p=0.000$ ), στο τέλος της 1<sup>ης</sup> (7.4% [3.29 – 12.71];  $p=0.002$ ) και στο τέλος της 2<sup>ης</sup> (4.8% [0.53 – 9.88];  $p=0.031$ ) φάσης. Μετά τη 1<sup>η</sup> (-1.7% [1.07 – 2.93];  $p=0.000$ ) και 2<sup>η</sup> φάση (-3.8 [3.70 – 5.30];  $p=0.000$ ) του προγράμματος μειώθηκε σημαντικά η περίμετρος μέσης στην ΠΟ σε σχέση με την αρχική μέτρηση, ενώ και μεταξύ 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> φάσης η μείωση ήταν σημαντική (-2.2% [1.57 – 3.44];  $p=0.000$ ) (Εικόνα 1.Δ).

Οι συμμετέχοντες στην ΠΟ είχαν μεγαλύτερη περίμετρο ισχίου σε σύγκριση με τους συμμετέχοντες στην ΟΕ πριν (10.9% [5.52 – 17.68];  $p=0.001$ ), στο τέλος της 1<sup>ης</sup> (9.3% [3.98

- 16.02];  $p=0.003$ ) και στο τέλος της 2<sup>ης</sup> (8.0% [2.78 - 14.42];  $p=0.006$ ) φάσης. Μετά τη 1<sup>η</sup> (-1.0% [0.46 - 1.94];  $p=0.001$ ) και 2<sup>η</sup> φάση (-2.0% [1.38 - 3.42];  $p=0.000$ ) του προγράμματος μειώθηκε σημαντικά η περίμετρος ισχίου στην ΠΟ σε σχέση με την αρχική μέτρηση, ενώ και μεταξύ 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> φάσης η μείωση ήταν σημαντική (-1.0% [0.49 - 1.92];  $p=0.001$ ) (Εικόνα 1.Ε).

Ο WHR μειώθηκε σημαντικά (-1.8% [0.01 - 0.03];  $p=0.002$ ) μόνο μετά τη 2<sup>η</sup> φάση σε σύγκριση με την αρχική μέτρηση στην ΠΟ (Εικόνα 1.ΣΤ).



**Εικόνα 1.** Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων στην πειραματική ομάδα (ΠΟ) και την ομάδα ελέγχου (ΟΕ), πριν (PRE), στο τέλος της 1ης φάσης (ΦΑΣΗ1) και στο τέλος της 2ης φάσης (ΦΑΣΗ2). \*Σημαντική διαφορά σε σχέση με την ίδια φάση στην ΟΕ; #Σημαντική διαφορά σε σχέση με πριν (PRE) στην ίδια ομάδα; \$Σημαντική διαφορά σε σχέση με τη 1η φάση (ΦΑΣΗ1) στην ίδια ομάδα.

### ***Δείκτες απόδοσης***

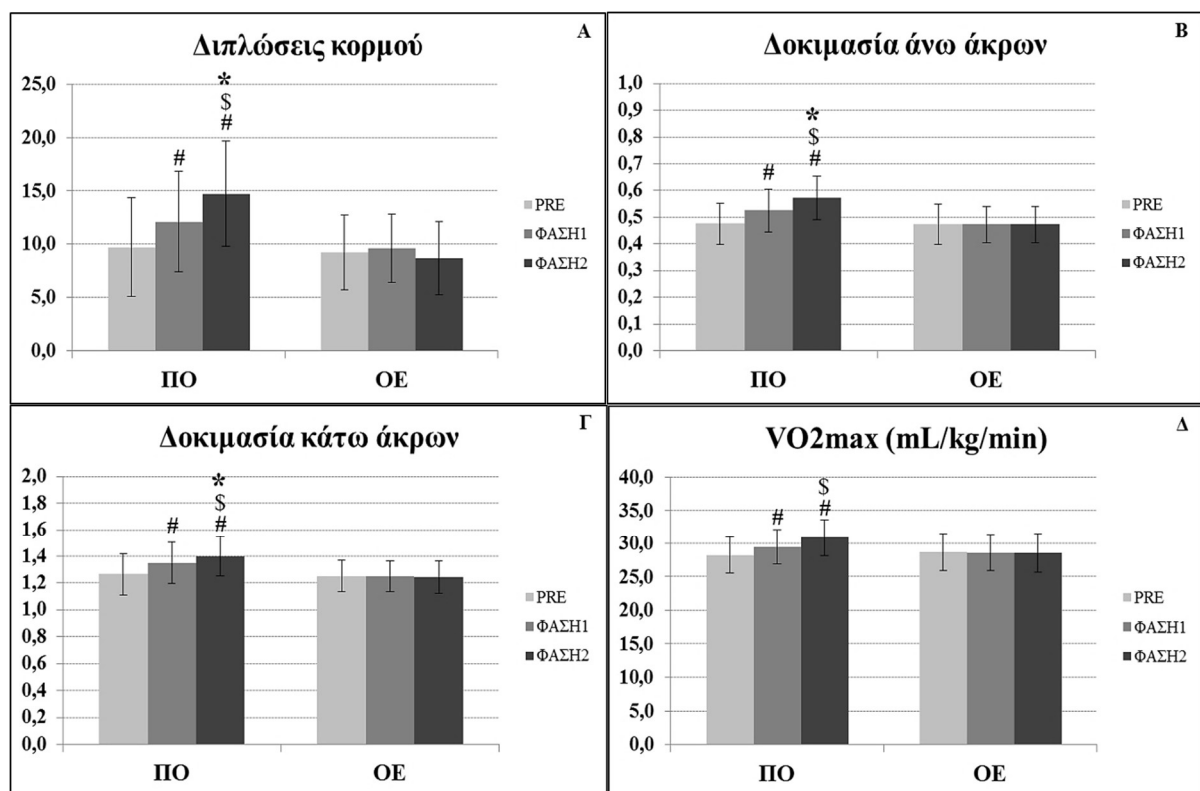
Οι συμμετέχοντες στην ΠΟ παρουσίασαν αυξημένη απόδοση στις διπλώσεις κορμού σε σύγκριση με τους συμμετέχοντες στην ΟΕ στο τέλος της 2<sup>ης</sup> (69% [2.01 – 9.99];  $p=0.005$ ) φάσης. Μετά τη 1<sup>η</sup> (24.7% [1.37 – 3.42];  $p=0.000$ ) και 2<sup>η</sup> φάση (51.5% [4.25 – 5.75];  $p=0.000$ ) του προγράμματος αυξήθηκε σημαντικά η απόδοση στις διπλώσεις κορμού στην ΠΟ σε σχέση με την αρχική μέτρηση, ενώ και μεταξύ 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> φάσης η αύξηση ήταν σημαντική (21.5% [1.57 – 3.63];  $p=0.000$ ) (Εικόνα 2.A).

Οι συμμετέχοντες στην ΠΟ παρουσίασαν αυξημένη απόδοση και στη δοκιμασία μέγιστης δύναμης άνω άκρων σε σύγκριση με τους συμμετέχοντες στην ΟΕ στο τέλος της 2<sup>ης</sup> (20.9% [0.03 – 0.17];  $p=0.009$ ) φάσης. Μετά τη 1<sup>η</sup> (10.3% [0.04 – 0.06];  $p=0.000$ ) και 2<sup>η</sup> φάση (20.2% [0.08 – 0.11];  $p=0.000$ ) του προγράμματος αυξήθηκε σημαντικά η απόδοση στη δοκιμασία μέγιστης δύναμης άνω άκρων στην ΠΟ σε σχέση με την αρχική μέτρηση, ενώ και μεταξύ 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> φάσης η αύξηση ήταν σημαντική (9.0% [0.04 – 0.06];  $p=0.000$ ) (Εικόνα 2.B).

Επίσης, οι συμμετέχοντες στην ΠΟ παρουσίασαν αυξημένη απόδοση στη δοκιμασία μέγιστης δύναμης κάτω άκρων σε σύγκριση με τους συμμετέχοντες στην ΟΕ στο τέλος της 2<sup>ης</sup> (12.3% [0.03 – 0.28];  $p=0.020$ ) φάσης. Μετά τη 1<sup>η</sup> (6.6% [0.07 – 0.10];  $p=0.000$ ) και 2<sup>η</sup> φάση (10.3% [0.12 – 0.15];  $p=0.000$ ) του προγράμματος αυξήθηκε σημαντικά η απόδοση στη δοκιμασία μέγιστης δύναμης κάτω άκρων στην ΠΟ σε σχέση με την αρχική μέτρηση,

ενώ και μεταξύ 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> φάσης η αύξηση ήταν σημαντική (3.6% [0.03 – 0.06];  $p=0.000$ ) (Εικόνα 2.Γ).

Τέλος, μετά τη 1<sup>η</sup> (4.4% [0.86 – 1.62];  $p=0.000$ ) και 2<sup>η</sup> φάση (9.4% [2.11 – 3.17];  $p=0.000$ ) του προγράμματος αυξήθηκε σημαντικά η απόδοση στη δοκιμασία μέγιστης αερόβιας ικανότητας (VO<sub>2</sub>max) στην ΠΟ σε σχέση με την αρχική μέτρηση, ενώ και μεταξύ 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> φάσης η αύξηση ήταν σημαντική (4.8% [0.91 – 1.89];  $p=0.000$ ) (Εικόνα 2.Δ).



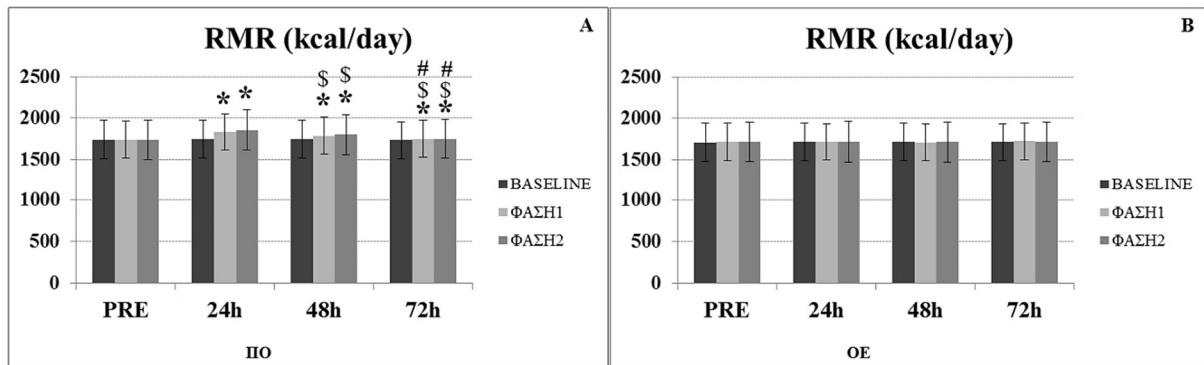
**Εικόνα 2.** Δείκτες απόδοσης των συμμετεχόντων στην πειραματική ομάδα (ΠΟ) και την ομάδα ελέγχου (ΟΕ), πριν (PRE), στο τέλος της 1ης φάσης (ΦΑΣΗ1) και στο τέλος της 2ης φάσης (ΦΑΣΗ2). \*Σημαντική διαφορά σε σχέση με την ίδια φάση στην ΟΕ; #Σημαντική διαφορά σε σχέση με πριν (PRE) στην ίδια ομάδα; \$Σημαντική διαφορά σε σχέση με τη 1η φάση (ΦΑΣΗ1) στην ίδια ομάδα.

### Μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας

Σύμφωνα με το Kruskal-Wallis Test, δεν παρατηρήθηκε επίδραση του παράγοντα φάσης του προγράμματος (pre, φάση 1, φάση 2) σε καμία από τις χρονικές στιγμές (pre, 24 ώρες, 48 ώρες, 72 ώρες) για καμία ομάδα.

Όσον αφορά τη κύρια επίδραση του παράγοντα χρόνος, φάνηκε ότι υπήρξε σημαντική διαφορά στην 1<sup>η</sup> ( $\chi^2=22.44$ ,  $p=0.000$ ) και 2<sup>η</sup> φάση ( $\chi^2=28.92$ ,  $p=0.000$ ) μόνο για την ΠΟ. Όσον αφορά την 1<sup>η</sup> φάση, το Wilcoxon Test έδειξε ότι υπήρξε αύξηση του RMR στις 24 (5.2%,  $z=-2.70$ ,  $p=0.007$ ), 48 (2.7%,  $z=-2.70$ ,  $p=0.005$ ) και 72 ώρες (0.5%,  $z=-2.70$ ,  $p=0.047$ ) μετά την άσκηση σε σχέση με τη μέτρηση πριν την άσκηση. Επίσης ο RMR παρουσιάστηκε μειωμένος στις 48 (-2,4%,  $z=-2.29$ ,  $p=0.022$ ) και 72 ώρες (-4,4%,  $z=-2.70$ ,  $p=0.007$ ) μετά την άσκηση σε σχέση με τη μέτρηση 24 ώρες μετά την άσκηση. Τέλος, ο RMR παρουσιάστηκε μειωμένος στις 72 ώρες μετά την άσκηση σε σχέση με τη μέτρηση 48 ώρες μετά την άσκηση (-2.1%,  $z=-2.80$ ,  $p=0.005$ ).

Όσον αφορά τη 2<sup>η</sup> φάση, το Wilcoxon Test έδειξε ότι υπήρξε αύξηση του RMR στις 24 (6.8%,  $z=-2.80$ ,  $p=0.005$ ), 48 (3.5%,  $z=-2.80$ ,  $p=0.005$ ) και 72 ώρες (0.7%,  $z=-2.40$ ,  $p=0.017$ ) μετά την άσκηση σε σχέση με τη μέτρηση πριν την άσκηση. Επίσης ο RMR παρουσιάστηκε μειωμένος στις 48 (-3.1%,  $z=-2.80$ ,  $p=0.005$ ) και 72 ώρες (-5.8%,  $z=-2.80$ ,  $p=0.005$ ) μετά την άσκηση σε σχέση με τη μέτρηση 24 ώρες μετά την άσκηση. Τέλος, ο RMR παρουσιάστηκε μειωμένος στις 72 ώρες μετά την άσκηση σε σχέση με τη μέτρηση 48 ώρες μετά την άσκηση (-2.8%,  $z=-2.80$ ,  $p=0.005$ ). Τα αποτελέσματα για το RMR παρουσιάζονται στην Εικόνα 4.



**Εικόνα 3.** Μεταβολή του RMR μέχρι 72 ώρες μετά από άσκηση που πραγματοποιήθηκε αρχικά (BASELINE), στο τέλος της 1ης φάσης (ΦΑΣΗ1) και στο τέλος της 2ης φάσης (ΦΑΣΗ2) στην πειραματική ομάδα (A) και την ομάδα ελέγχου (B). \*Σημαντική διαφορά ( $p < 0.05$ ) σε σχέση με την αρχική μέτρηση (PRE) στην ίδια φάση. <sup>§</sup>Σημαντική διαφορά ( $p < 0.05$ ) σε σχέση με την μέτρηση 24 ώρες (24h) μετά την άσκηση στην ίδια φάση. <sup>#</sup>Σημαντική διαφορά ( $p < 0.05$ ) σε σχέση με την μέτρηση 48 ώρες (48h) μετά την άσκηση στην ίδια φάση.

### **Ημερήσια ενεργειακή πρόσληψη**

Όσον αφορά την ημερήσια ενεργειακή πρόσληψη των συμμετεχόντων, δεν μεταβλήθηκε καθ' όλη τη διάρκεια του προγράμματος.



## **6. Συζήτηση αποτελεσμάτων**

Η παρούσα μελέτη είχε ως στόχο να περιγράψει τις επιδράσεις της έντονης διαλειμματικής προπόνησης σε υπέρβαρους και παχύσαρκους ενήλικες τόσο σε δείκτες φυσικής κατάστασης και απόδοσης όσο στον RMR μέσα από δυο φάσεις του προγράμματος παρέμβασης. Πιο συγκεκριμένα, βρέθηκε ότι σε σύγκριση τόσο με την ομάδα ελέγχου όσο και με την αφετηρία του προγράμματος (baseline) στην ομάδα παρέμβασης α) υπήρξε μείωση σε όλα τα εξεταζόμενα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά, β) οι δείκτες απόδοσης που αξιολογήθηκαν εμφάνισαν αυξημένες τιμές σε όλες τις δοκιμασίες πεδίου, γ) ο RMR παρουσιάστηκε αυξημένος τις 24-72 ώρες μετά από μια συνεδρία άσκησης τόσο στο τέλος της 1<sup>ης</sup> όσο και στο τέλος της 2<sup>ης</sup> φάσης του προγράμματος σε σχέση με την αρχική μέτρηση, δ) η ενεργειακή πρόσληψη παρέμεινε η ίδια σε όλη τη διάρκεια του προγράμματος, γεγονός που υποδηλώνει πως η μείωση του σωματικού βάρους οφείλεται στο ενεργειακό έλλειμμα που δημιουργήσε η προπόνηση αλλά και η αύξηση του RMR τις 24-72 ώρες μετά από κάθε συνεδρία άσκησης.

Συμφώνα με μελέτη του 2014, στο δυτικό κόσμο ένα ποσοστό της τάξης του 42% έως 51% σε γυναίκες μεταξύ 20 έως 40 ετών είναι υπέρβαρες ή παχύσαρκες (Hickson, 1980). Για να αξιολογηθεί κάποιος ως παχύσαρκος ή υπέρβαρος θα πρέπει ο ΔΜΣ να είναι 25 για να κριθεί κάποιος ως υπέρβαρος και 30 για να κριθεί ως παχύσαρκος (Seidell et al., 2015). Τόσο η ομάδα ελέγχου όσο και η ομάδα παρέμβασης είχαν τα παραπάνω χαρακτηριστικά κατά την εισαγωγή τους στο παρεμβατικό πρόγραμμα άσκησης. Το σωματικό βάρος όμως δεν είναι αρκετό για να θεωρεί παράγοντας κινδύνου για την υγεία όσο ο συνδυασμός του με την υποκινητικότητα που χαρακτηρίζει την ηλικιακή ομάδα που επιλέχθηκε να αξιολογηθεί καθώς φαίνεται αν έχουν τα πιο αυξανόμενα σκορ υποκινητικότητας (Sale et al., 1990).

### ***Χαρακτηριστικά προγράμματος***

Ιδιαίτερο ρόλο στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων παίζει το πρωτόκολλο άσκησης που χρησιμοποιήθηκε. Όπως έχει προαναφερθεί, μεταξύ των διάφορων τύπων προπόνησης υπάρχουν και οι αντίστοιχες προσαρμογές. Στην παρούσα μελέτη η χρήση ενός πρωτοκόλλου έντονης διαλειμματικής μορφής σε συνδυασμό με λειτουργικής μορφής ασκήσεις προσπάθησε να δημιουργήσει τις κατάλληλες συνθήκες προκειμένου να μην παραλειφθεί κανένας τύπος άσκησης έτσι ώστε να διαπιστωθεί αν το «πάντρεμα» αυτό είναι ικανό να βελτιώσει του δείκτες απόδοσης, τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά καθώς και τον RMR των συμμετεχόντων.

Στο διάστημα της παρεμβατικής διαδικασίας οι συμμετέχοντες εκτελούσαν ένα πρόγραμμα άσκησης που συμπεριλάμβανε λειτουργικές ασκήσεις δύναμης με υπομέγιστο φορτίο ή το βάρος του σώματος όπου χρησιμοποιούσαν τις μεγάλες μυϊκές ομάδες ταυτοχρόνως παραδείγματος χάρη καθίσματα με ιατρική μπάλα, κάμψεις, προβολή στο ένα πόδι κ.α. Ταυτοχρόνως ο ρυθμός εκτέλεσης ήταν μέγιστος με στόχο την αύξηση της καρδιακής συχνότητας όπου κυμαίνονταν από 80% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας κατά μέσο όρο στην πρώτη φάση του προγράμματος έως και 87% στην δεύτερη. Στόχος ήταν επίτευξη όσο το δυνατόν υψηλότερης έντασης προκειμένου να επιτευχθούν οι αντίστοιχες προσαρμογές που έχουν βρεθεί σε αντίστοιχα πρωτόκολλα υψηλής έντασης και διαλειμματικής μορφής όπως των Batrakoulis et al. (2018). Όπως αναφέρει ο Giballa et al. (2012) ένα πρωτόκολλο υψηλής έντασης και διαλειμματικής μορφής σε σύγκριση με παραδοσιακά πρωτόκολλα αντοχής – μέτρια συνεχόμενης έντασης - είναι ικανό να βελτιώσει την καρδιοαναπνευστική ικανότητα σε πάσχοντες από στεφανιαία νόσο, καρδιακή ανεπάρκεια, μεσήλικες με μεταβολικό σύνδρομο και παχύσαρκα άτομα (Warburton et al., 2005; Wisloff et al., 2007; Moholdt et al., 2009; Munk et al., 2009).

Το μέσο βάρος των συμμετεχόντων στην ΠΟ ήταν 92,4 kg και της ΟΕ 93,7 με ΔΜΣ 32,1 και 31,7 αντίστοιχα, γεγονός που κατά μέσο όρο κατατάσει τα υποκείμενα και των δύο

ομάδων στην παχυσαρκία τύπου I, σύμφωνα με τα κριτήρια αξιολόγησης του ΔΜΣ από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (Nuttall, 2015). Σύμφωνα με τα κριτήρια ένταξης στη μελέτη, οι συμμετέχοντες ακολουθούσαν καθιστικό τρόπο ζωής, με απουσία εφαρμογής κάποιας δίαιτας και κάποιου προγράμματος ασκήσεων για τουλάχιστον τους τελευταίους 6 μήνες. Αυτά συνάδουν με τη μελέτη των Batrakoulis et al. (2018) που συμπεριέλαβε υπέρβαρες ή παχύσαρκες γυναίκες που δεν ασκούσαν και δεν είχαν υποβληθεί σε κάποια δίαιτα για τουλάχιστον 6 μήνες πριν τη συμμετοχή τους. Όπως είναι αναμενόμενο, τα άτομα με τέτοιο ΔΜΣ, που ακολουθούν καθιστική ζωή και δεν κάνουν κάποια υγιεινή και ισορροπημένη διατροφή έχουν μειώσει δραματικά τις ενεργειακές καύσεις τους με αποτέλεσμα το θερμιδικό ισοζύγιο να λειτουργεί με βάση τις μεγάλες ενεργειακές προσλήψεις και τις μικρές ενεργειακές καταναλώσεις (Thomas et al., 2012). Για να επιτευχθεί η απώλεια βάρους θα πρέπει οι θερμιδικές δαπάνες να υπερβαίνουν τις θερμιδικές προσλήψεις και ως εκ τούτου η πλειοψηφία των συμβουλών απώλειας βάρους αναφέρουν την εφαρμογή μίας υποθερμιδικής διατροφής με τη συνδρομή ενός προγράμματος άσκησης προκειμένου να επιτευχθεί ένα σημαντικό ενεργειακό έλλειμμα (Van Horn, 2010). Η άσκηση μπορεί να επιτύχει την προαγή της θερμογένεσης και της λιπόλυσης μέσω της επερχόμενης αύξησης των ενδοκυττάρων αλυσίδων σηματοδότησης στο λιπώδη ιστό (Fatouros, 2018).

Το βασικό χαρακτηριστικό του εφαρμοσθέντος πρωτοκόλλου, όμοιο με αυτό της μελέτης των Batrakoulis et al. (2018), ήταν η ενσωμάτωση ασκήσεων υψηλής έντασης, με την κατά βάση ενσωμάτωση καρδιαγγειακών ασκήσεων, οι οποίες είναι υπεύθυνες για τη βελτίωση της αεροβικής ικανότητας, είναι χρονικά αποδοτικότερες, υποστηρίζουν τη σύνθεση του σώματος και τον RMR, όπως και τον μιτοχονδριακό μεταβολισμό των σκελετικών μυών. Οι συνθήκες αυτές καθιστούν το πρωτόκολλο κατάλληλο για υπέρβαρα και παχύσαρκα άτομα που επιθυμούν να αυξήσουν το μεταβολισμό τους και να μειώσουν το βάρος τους, ακόμη και στην περίπτωση απουσίας προγράμματος διατροφής (Miller et al.,

2014). Τα πρωτόκολλα τύπου ΗΠΤ είναι αποτελεσματικά στη μείωση του υποδόριου και του σπλαχνικού λίπους σε υπέρβαρα άτομα (Alvarez et al., 2017; Higgins et al., 2016; Strasser, Arvandi & Siebert, 2012).

### *Ανθρωπομετρικά και σωματομετρικά χαρακτηριστικά*

Συνολικά, στην παρούσα μελέτη όλοι οι δείκτες των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών παρουσίασαν μείωση, δηλαδή το βάρος (-2,6% στην πρώτη φάση και -4,4% στη δεύτερη), ο ΔΜΣ (-2,6% στην πρώτη φάση και -4,5% στη δεύτερη), το σωματικό λίπος (-4,3% στην πρώτη φάση και -5,9% στη δεύτερη), και η περίμετρος μέσης (-1,7% στην πρώτη φάση και -3,8% στη δεύτερη). Σε πρωτόκολλα ΗΠΤ έχει παρατηρηθεί σημαντική μείωση του σωματικού βάρους και λίπους, βελτίωση της σύνθεσης του σώματος, αύξηση της μυϊκής μάζας και μείωση της σωματικής και λιπώδους μάζας, μείωση της περιφέρειας μέσης και του λιπώδους σπλαχνικού ιστού (Shehata & Mosaad Ali Mahmoud, 2018; Türk et al., 2017; Alvarez et al., 2017), ενώ η άσκηση υψηλής έντασης (HIT) θεωρείται εξίσου επωφελής συγκριτικά με τις συμβατικές ασκήσεις μέσης ή μικρής έντασης.

Όσον αφορά το σωματικό βάρος, παρατηρήθηκε μείωση περίπου 4,4% σε σχέση με την αρχική μέτρηση στην ΠΟ μετά το τέλος της δεύτερης φάσης. Η θεμιτή αυτή μείωση του σωματικού βάρους προκειμένου να επιτευχθεί αντίστοιχα με ένα πρωτόκολλο προπόνησης αντοχής, απαιτείται μεγαλύτερος προπονητικό όγκος (Slentz et al., 2005; Barry et al., 2014). Οι αλλαγές αυτές προκάλεσαν διαφορές όπως είναι φυσικό και στο ΔΜΣ έως -4,5% συγκριτικά με την αρχή του προγράμματος στην ΠΟ. Η μείωση του ΔΜΣ μπορεί να συμβάλλει σε βελτίωση σε παράγοντες της φυσικής κατάστασης ακόμη και αν το συνολικό ποσοστό λίπους παραμένει υψηλό. Έτσι λοιπόν, αν θεωρεί ως δείκτης υγείας και όχι ως μέτρο αξιολόγησης μεταξύ λιπώδους ή μυϊκής μάζας, η μείωσή του ελαχιστοποιεί παράγοντες κινδύνου για την υγεία (Hunter, 2002). Ωστόσο, πέρα από τον ΔΜΣ, έχει

αποδειχθεί πως η αξιολόγηση των περιφερειών της μέσης και των ισχίων έχουν συνδεθεί με ενδείξεις κινδύνου για την υγεία ειδικότερα για την περιφέρεια της μέσης. Στην παρούσα μελέτη η πτώση του κοιλιακού λίπους περίπου -3,8% υποδηλώνει μείωση του κινδύνου για την υγεία και ουσιαστική μείωση του σπλαχνικού λίπους (Seidell et al., 1990) .

Πέρα από τις αλλαγές που προκλήθηκαν τόσο στο σωματικό βάρος όσο και στο ΔΜΣ, ίσως η κυριότερη αλλαγή παρατηρήθηκε στο ποσοστό σωματικού λίπους. Η συνολική διαφορά σε σχέση με την αρχή του ήταν έως -5,9% μετά το τέλος της δεύτερης φάσης στην ΠΟ. Σε ανασκοπική μελέτη των Vanhees et al. (2011) που γίνεται σύγκριση των τριών μεθόδων προπόνησης και στις αλλαγές που είναι ικανές να προκαλέσουν με στόχο τη διαχείριση του βάρους, αναφέρεται πως συγκρίνοντας προγράμματα αερόβιας άσκησης μέτριας – χαμηλής συνεχόμενης έντασης με υψηλής διαλειμματικής μορφής, δεν υπήρξε ουσιαστική διαφορά στην απώλεια λίπους (2,2% και 2,5% αντίστοιχα) έπειτα από δώδεκα εβδομάδες παρέμβασης. Αντίθετα, όπως αναφέρουν οι Vanhees et al. (2011), η προπόνηση με αντιστάσεις φαίνεται να μην προκαλεί μείωση στη λιπώδη μάζα των ασκούμενων (Maesta et al., 2002; Jabekk et al., 2010). Ωστόσο ορισμένες μελέτες παρουσίασαν μείωση χωρίς όμως να μπορούν να επαληθευτούν τα ευρήματα από άλλους ερευνητές (Hakkinen et al., 2002; Laforgia et al., 2006).

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, συμπίπτουν με την αντίστοιχη μελέτη των Batrakoulis et al. (2018) όπου χρησιμοποιήθηκε το ίδιο πρωτόκολλο άσκησης. Ανατρέχοντας στην αντίστοιχη βιβλιογραφία, φαίνεται πως οι προσαρμογές στην υψηλής έντασης διαλειμματική προπόνηση, συμπεριλαμβανομένων των λειτουργικών ασκήσεων δύναμης με φορητό εξοπλισμό, οφείλονται σε μηχανισμούς όπως η αυξημένη έκκριση κατεχολαμίνων έπειτα από υψηλής έντασης διαλειμματική προπόνηση οι οποίες είναι ικανές να αυξήσουν την οξειδωση του λίπους (Boutcher, 2011; Talanian et al., 2007). Επίσης σύμφωνα με τους Burgomaster et al. (2005) και Talanian et al. (2007) έχει φανεί πως έπειτα

από έξι με επτά συνεχόμενες συνεδρίες έντονης διαλειμματικής προπόνησης αυξάνεται η ικανότητα των σκελετικών μυών για οξειδωση λιπαρών οξέων.

### ***Δείκτες απόδοσης***

Μέσα από το συγκεκριμένο πρωτόκολλο άσκησης βρέθηκαν αρχικά θετικές προσαρμογές στους δείκτες απόδοσης μεταξύ των δυο ομάδων. Όσον αφορά την δοκιμασία διπλώσεων κορμού, η οποία έχει στόχο την αξιολόγηση των μυϊκής αντοχής των ασκούμενων, φάνηκε πως τα σκορ τους αυξήθηκαν στην ΠΟ στο τέλος της δεύτερης φάσης έως και 69% σε σχέση με την ΟΕ. Βελτίωση όμως φάνηκε και κατά 51,5% στο τέλος του προγράμματος στην ΠΟ σε σχέση με την αρχική μέτρηση στην ίδια ομάδα. Εν συνεχεία, στη δοκιμασία αξιολόγησης της μέγιστης δύναμης των άνω άκρων υπήρξε βελτίωση μεταξύ των δυο ομάδων υπέρ της ΠΟ περίπου 20,9%, ενώ σε σχέση με την αρχική μέτρηση έως και την τελευταία αξιολόγηση στο τέλος της 2<sup>ης</sup> φάσης περίπου 20,2%.

Εξαιτίας των πολυαρθρικών ασκήσεων που χρησιμοποιήθηκαν, εκτός από τη δύναμη των άνω άκρων αξιολογήθηκε και η μέγιστη δύναμη των κάτω άκρων, έτσι λοιπόν φάνηκε βελτίωση και στις μυϊκές ομάδες του κάτω μέρους του σώματος. Όπως και προηγουμένως, συγκριτικά με τις δύο ομάδες, παρατηρήθηκε αύξηση της δύναμης περίπου 12,3%. Συγκριτικά με την αρχική μέτρηση, η δύναμη αυξήθηκε έως και 10,3% με την ολοκλήρωση του προγράμματος. Συμπερασματικά, η συνολική βελτίωση της δύναμης φαίνεται πως είναι αποτέλεσμα του πρωτόκολλου άσκησης που χρησιμοποιήθηκε καθώς όπως προαναφέρθηκε συμπεριλάμβανε λειτουργικές άσκησης δύναμης.

Όμοια σε άλλες μελέτες έχει αποδειχθεί πως ένα πρωτόκολλο HIIT μπορεί να βελτιώσει την απόδοση, τη μυϊκή δύναμη και την καρδιακή απόδοση συνδεδεμένη με την αυξημένη VO<sub>2</sub> Max (Fajrin & Kusnanik, 2018; Monks et al., 2017; Naimo & Souza, 2014). Είναι όμως ενδιαφέρον να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων του συγκεκριμένου

πρωτόκολλου άσκησης σε σχέση με διαφορετικής μορφής προπόνηση, όπως με αντιστάσεις. Στην μελέτη των Broeder et.al. (1992) διάρκειας δώδεκα εβδομάδων, στην ομάδα που εξ ολοκλήρου εκτελούσε το πρωτόκολλο άσκησης με αντιστάσεις με στόχο την αύξηση της δύναμης και της άλιπης σωματικής μάζας, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η δύναμη αυξήθηκε έως 19,6% για το άνω μέρος του σώματος και έως 10,3% αντίστοιχα για το κάτω. Ενώ για την ομάδα όπου συμμετείχε στο πρωτόκολλο επικεντρώνονται στην αντοχή με σταθερής έντασης και συνεχόμενης διάρκειας άσκηση, η ικανότητα της δύναμης παρέμεινε αμετάβλητη. Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν και στη μελέτη των Villareal et al. (2017) όπου και πάλι, συγκρίνοντας τα δύο διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης, η δύναμη βελτιώθηκε κατά 19% στην ομάδα που συμμετείχε στο πρωτόκολλο με τις αντιστάσεις ενώ για το πρωτόκολλο αερόβιας προπόνησης υπήρξε βελτίωση έως 4%. Συνεχίζοντας όμως στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκε πως ο συνδυασμός αερόβιας και άσκησης με αντιστάσεις βελτίωσε τη δύναμη σε αντίστοιχα ποσοστά με της ομάδας που δούλευε εξ ολοκλήρου με αντιστάσεις δηλαδή περίπου 18%. Όλα αυτά οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ένα πρόγραμμα άσκησης που στοχεύει εξ ολοκλήρου στη βελτίωση της δύναμης σε σύγκριση με κάποιο που παντρεύει και τα δύο μπορούν να έχουν τις ίδιες προσαρμογές σε αυτή. Πιο συγκεκριμένα, τόσο στην παρούσα όσο και στη μελέτη των Batrakoulis et al. (2018) όπου χρησιμοποιήθηκε το ίδιο πρωτόκολλο άσκησης, η δύναμη βελτιώθηκε έως 27% σε δεκάμηνη παρέμβαση. Τα αποτελέσματα αυτά οφείλονται στις ισχαιμικές συνθήκες που δημιουργούνται στους σκελετικούς μύες υπό τις συνθήκες της υψηλής έντασης αερόβιας άσκησης ενώ ταυτόχρονα οι ασκήσεις δύναμης που συμπεριλαμβάνονται αυξάνουν τη μυϊκή ενεργοποίηση καθώς και τη μεταφορά και παραγωγή γλυκογόνου (Hickson, 1980).

Πέρα από τις προσαρμογές της δύναμης, παρατηρήθηκε βελτίωση και στην ικανότητα της καρδιοαναπνευστικής αντοχής. Η αύξηση της αερόβιας ικανότητας κατά την ολοκλήρωση της 2<sup>ης</sup> φάσης του προγράμματος έφτασε έως και το 9,4% συγκριτικά με την

αρχική μέτρηση. Ο συνδυασμός των δυο τύπων προπόνησης, έχοντας δοκιμαστεί και σε διαφορετικές μελέτες, φάνηκε πως είναι ικανός να βελτιώσει την καρδιαναπνευστική αντοχή. Οι Ba Dolezal et al. (1998) στο ίδιο χρονικό διάστημα αξιολόγησαν έκτος των άλλων την επίδραση τόσο της αερόβιας προπόνησης όσο και του συνδυασμού της άσκησης με αντιστάσεις με προπόνηση αντοχής. Βρέθηκε λοιπόν πως, για την ομάδα που προπονήθηκε μόνο στο πρωτόκολλο αντοχής, η βελτίωση ήταν περίπου 13% ενώ για την ομάδα που δούλεψε με το συνδυασμό των δύο, ξεκινώντας από το πρωτόκολλο δύναμης και προχωρώντας σε αυτό της αντοχής, η βελτίωση ήταν περίπου 7%. Σύμφωνα με τους ερευνητές, η βελτίωση στη δεύτερη ομάδα είναι μικρότερη εξαιτίας των προσαρμογών που παρεμβάλλονται για τη βελτίωση της δύναμης όπως υπερτροφία, αύξηση των συσταλτικών πρωτεϊνών και σχετικές μειώσεις στα τριχοειδή αγγεία και τα μιτοχόνδρια (Bell, 1990; Hickson, 1980; Warburton et al., 1995). Σε αντιδιαστολή, η ταυτόχρονη χρήση των δύο πρωτόκολλων που χρησιμοποιήθηκε, όπως και σε προηγούμενη μελέτη των Batrakoulis et al. (2018), φάνηκε ότι βελτίωσε την αντοχή έως και 25%. Σύμφωνα με την αντίστοιχη βιβλιογραφία, σε αντίθεση με τους ανασταλτικούς παράγοντες που μπορεί να προκαλέσει η διαδοχική χρήση των δύο διαφορετικών τύπων προπόνησης στην αντοχή, το «πάντρεμα» των δυο είναι ικανό να προκαλέσει βελτιώσεις εξαιτίας της έντονης διαλειμματικής του μορφής όπου έχει φανεί πως είναι ικανό να προκαλέσει την αύξηση των μιτοχονδρίων με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας και βελτίωση ακόμη και στην παραγωγή δύναμης για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Gibala, 2009).

### ***Μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας***

Το κυριότερο ερευνητικό ερώτημα της παρούσας μελέτης ήταν η μεταβολή του μεταβολισμού ηρεμίας τις επόμενες ώρες μετά από μια συνεδρία άσκησης. Όπως προαναφέρθηκε, οι ασκούμενοι αξιολογήθηκαν στην αρχή (baseline), στο τέλος της πρώτης



και της δεύτερης φάσης του παρεμβατικού προγράμματος. Βασικό ερώτημα ήταν η επίδραση και η διάρκεια αυτής στο RMR 24, 48 και 72 ώρες έπειτα από πρωτόκολλο άσκησης, συγκρινόμενο με το RMR όταν δεν έχει προηγηθεί κάποια συνεδρία άσκησης (PRE). Σημαντικός παράγοντας της συζήτησης είναι η αμετάβλητη θερμική πρόσληψη σε όλη την παρεμβατική διαδικασία.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι κατά την ολοκλήρωση της πρώτης φάσης ο RMR τις πρώτες 24 ώρες αυξήθηκε περίπου κατά 5,2% σε σχέση με πριν, ενώ έπειτα από την ολοκλήρωση της δεύτερης αυξήθηκε κατά 6,8% σε σχέση με πριν, που αποτελεί και για τις δυο φάσεις τη μεγαλύτερη αύξηση σε σχέση με τις επόμενες 48 και 72 ώρες. Ξεκινώντας από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων για την αύξηση του RMR τις πρώτες 24 ώρες, με βάση την αντίστοιχη βιβλιογραφία εξηγείται λόγω της αυξημένης ενεργειακής δαπάνης έπειτα από την άσκηση λόγω της μετα-προπονητικής θερμογένεσης, της αυξημένη λιπόλυσης κατά την αποκατάσταση, της καθημερινής φυσικής δραστηριότητας και της πέψης των τροφών (Manore et al., 2014; Riou et al., 2015; Chatzinikolaou et al., 2008). Η πλειοψηφία των μελετών που προσπάθησαν να εντοπίσουν αλλαγές έπειτα από χρονικά ίδιες περιόδους περιορίστηκαν στην αξιολόγηση του RMR μόνο τις πρώτες 24 ώρες και μόνο κατά την ολοκλήρωση του παρεμβατικού προγράμματος. Στη μελέτη των Byrne & Wilmore (2001) σε παρόμοιο πληθυσμό και με παρόμοιες συνθήκες αξιολόγησης, βρέθηκε ότι ο RMR αυξήθηκε μόνο για την ομάδα που ακολουθούσε την προπόνηση αντιστάσεων, εξηγώντας την αύξηση αυτή ως αποτέλεσμα της αύξησης της άλιπης σωματικής μάζας σε σύγκριση με την ομάδα που ακολουθούσε το πρόγραμμα που συνδύαζε την προπόνηση αντιστάσεων με συνεχόμενο περπάτημα στο τέλος, στην οποία όμως μειώθηκε η άλιπη σωματική μάζα.

Συγκρίνοντας τα δεδομένα της παρούσας μελέτης με παρόμοια πρωτόκολλα υψηλής έντασης διαλειμματικής προπόνησης, υπάρχουν αντίστοιχες αυξήσεις όπως στη μελέτη των Matthew et al. (2017) όπου οι ερευνητές αξιολόγησαν τον RMR σε υγιείς ενήλικες έπειτα

από δύο πρωτόκολλα υψηλής έντασης διαλειμματικής μορφής, ένα με διαδοχικά σπριντ στο Wingate και ένα ακόμη με επαναλήψεις διάρκειας ενός λεπτού σε υπομέγιστη ένταση στο 90%. Στο τέλος την παρεμβατικής διαδικασίας υπήρξε αντίστοιχα αύξηση του RMR με τις ίδιες προσαρμογές στα ανθρωπομετρικά δεδομένα.

Την υπόθεση για τη διατήρηση του RMR σε υψηλό ρυθμό επιβεβαιώνουν και άλλες μελέτες. Οι Dolezal et al. (1998) συγκρίνοντας τρεις διαφορετικούς τύπους άσκησης μεταξύ τους βρήκαν πως ο RMR αυξήθηκε στο τέλος των 10 εβδομάδων της παρέμβασης μόνο για την ομάδα που προπονήθηκε με αντιστάσεις και για την ομάδα που προπονήθηκε με τον συνδυασμό αντιστάσεων και αερόβιας προπόνησης και στις δυο ομάδες παρατηρήθηκε αύξηση της άλιπης σωματικής μάζας, εν αντιθέσει με την ομάδα προπόνησης με αερόβια προπόνηση στην οποία μαζί με την άλιπη σωματική μάζα μειώθηκε και ο RMR. Η εξήγηση βασίζεται στην αύξηση του μυϊκού ιστού, άρα και στην ταυτόχρονη ανύψωση του μεταβολικά ενεργού ιστού. Η αύξηση αυτή οδηγεί διαδοχικά σε αύξηση των μεταβολικών ορμονών όπως η κορτιζόλη, οι κατεχολαμίνες και οι θυρεοειδικές ορμόνες οι οποίες με την σειρά τους αυξάνουν την δραστικότητα των ενζυμικών αντιδράσεων, ενισχύουν τη διαδικασία επούλωσης της φλεγμονής που δημιουργείται έπειτα από την άσκηση και αυξάνουν την πρωτεϊνσύνθεση (Poehlman, 1989).

Είναι γεγονός πως κάθε τύπος προγράμματος ασκήσεων επιδρά διαφορετικά στο μεταβολισμό και στο RMR. Για παράδειγμα η προπόνηση με αντιστάσεις και εκείνη που συνδυάζει τις αντιστάσεις με τις ασκήσεις αντοχής επιφέρει αύξηση του RMR, εν αντιθέσει με την προπόνηση με ασκήσεις αντοχής που οδηγεί στη μείωση του (Rosenberger, 2009; Osterberg & Melby, 2000; Dolezal & Potteiger, 1998). Έχει ήδη επιβεβαιωθεί από περιορισμένες προγενέστερες μελέτες πως η προπόνηση HIIT επιφέρει οφέλη μέσω της αύξησης της πρόσληψης του οξυγόνου (Kelly et al., 2013). Στη μελέτη των Schubert et al (2017) ο RMR αυξήθηκε σημαντικά τις πρώτες 24 ώρες.

Το επόμενο σημείο που πρέπει να εξεταστεί είναι η πτώση του μεταβολικού ρυθμού σε σχέση με την πρώτη και τελευταία μέτρηση. Παρατηρήθηκε πως η μείωση μεταξύ του διαστήματος 24 έως 72 ωρών ήταν ~2,4% και 5,8%. Ενώ μεταξύ των 48 και 72 ωρών ~4,4% και 2,8%, αντίστοιχα, και στις δυο φάσεις του προγράμματος. Όπως παρατηρείται στη δεύτερη φάση του προγράμματος όπου η ένταση και ο όγκος της είναι υψηλότερος, η πτώση είναι μικρότερη, γεγονός που υποδηλώνει την σημασία της έντασης στη διατήρηση του υψηλού μεταβολικού ρυθμού. Οι Batrakoulis et al. (2018) αναφέρουν πως η ενεργειακή δαπάνη έπειτα από μια συνεδρία άσκησης έχει μετρηθεί περίπου στις 165 kcal έως και 400 kcal στα επόμενα στάδια του προγράμματος. Η θερμιδική αυτή δαπάνη οφείλεται κυρίως στην αύξηση της έντασης ή του όγκου της εκάστοτε συνεδρίας της άσκησης (Fatouros et al., 2005; Fatouros et al., 2009), συγκριτικά με αντίστοιχα προγράμματα HIIT με σπριντ έως 30 δευτερολέπτων ή και παραδοσιακών προπονητικών πρωτοκόλλων δύναμης ή συνεχόμενης μέτριας έντασης αερόβιας προπόνησης όπου η θερμιδική δαπάνη κυμαίνεται περίπου στις 250 kcal ανά προπόνηση (Fatouros et al., 2005; Chatzinikolaou et al., 2008; Hazell et al., 2012). Οι προσαρμογές που προκαλούνται έπειτα από το συγκεκριμένο πρωτόκολλο είναι ικανές να αυξήσουν την οξείδωση των λιπαρών οξέων καθώς και την κατανάλωση οξυγόνου μετά την άσκηση προκαλώντας έτσι περαιτέρω αύξηση στην ημερήσια ενεργειακή δαπάνη (Chatzinikolaou, et al., 2008; Warren et al., 2009). Συνυπολογίζοντας τα παραπάνω δεδομένα η σταθερή θερμιδική πρόσληψη και οι αυξανόμενες απαιτήσεις του οργανισμού κατά την αποκατάσταση οδηγούν στις συγκριμένες αυξήσεις του μεταβολισμού ηρεμίας.

## 7. Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, ένα εναλλακτικό πρωτόκολλο άσκησης διαφορετικό από τα παραδοσιακά που χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της δύναμης, της αντοχής με απώτερο στόχο την πρόληψη της υγείας, είναι ικανό να ανταποκριθεί στις ανάγκες υπέρβαρων και παχύσαρκων πληθυσμών και να βελτιώσει τόσο δείκτες απόδοσης της φυσικής κατάστασης όσο και ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την υγεία. Μέσα από την βελτίωση των δεικτών απόδοσης και ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών που είναι αλληλένδετα, παρατηρήθηκε μια αύξηση στο RMR και οδήγησε στο επιθυμητό θερμιδικό έλλειμμα που κρίνεται απαραίτητο για τη μείωση του σωματικού βάρους. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, οι λόγοι της αύξησης οφείλονται τόσο σε χρόνιες προσαρμογές όσο και οξείες. Για το λόγο αυτό, δεν μπορεί να προσδιοριστεί ο ουσιαστικός λόγος αύξησης του RMR. Ωστόσο η γνώση των παραπάνω αποτελεσμάτων μπορούν να φανούν χρήσιμα σε έναν γυμναστή που θα ήθελε σε μικρό χρονικό διάστημα, με έναν εναλλακτικό τρόπο που καταφέρνει να συνδυάσει τους δύο βασικούς παράγοντες της φυσικής κατάστασης – δύναμη και αντοχή - να βελτιώσει τόσο την απόδοση όσο και υγεία των ασκούμενων του.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

American College of Sports Medicine. (2019). *ACSM's Clinical Exercise Physiology*. Lippincott Williams & Wilkins.

Anderson, A. S., Key, T. J., Norat, T., Scoccianti, C., Cecchini, M., Berrino, F., ... & Wiseman, M. (2015). European code against cancer 4th edition: obesity, body fatness and cancer. *Cancer epidemiology*, *39*, S34-S45.

Apovian, C. M., & Aronne, L. J. (2015). The 2013 American Heart Association/American College of Cardiology/The Obesity Society guideline for the management of overweight and obesity in adults: what is new about diet, drugs, and surgery for obesity?. *Circulation*, *132*(16), 1586-1591.

Apovian, C. M., & Aronne, L. J. (2015). The 2013 American Heart Association/American College of Cardiology/The Obesity Society guideline for the management of overweight and obesity in adults: what is new about diet, drugs, and surgery for obesity?. *Circulation*, *132*(16), 1586-1591.

Barry, V. W., Baruth, M., Beets, M. W., Durstine, J. L., Liu, J., & Blair, S. N. (2014). Fitness vs. fatness on all-cause mortality: a meta-analysis. *Progress in cardiovascular diseases*, *56*(4), 382-390.

Batacan, R. B., Duncan, M. J., Dalbo, V. J., Tucker, P. S., & Fenning, A. S. (2017). Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *Br J Sports Med*, *51*(6), 494-503.

Batrakoulis, A., Jamurtas, A. Z., Georgakouli, K., Draganidis, D., Deli, C. K., Papanikolaou, K., ... & Comoutos, N. (2018). High intensity, circuit-type integrated neuromuscular training alters energy balance and reduces body mass and fat in obese women: A 10-month training-detaining randomized controlled trial. *PloS one*, *13*(8), e0202390.

- Bell, G. J., Petersen, S. R., Wessel, J., Bagnall, K., & Quinney, H. A. (1991). Physiological adaptations to concurrent endurance training and low velocity resistance training. *International journal of sports medicine*, *12*(04), 384-390.
- Boothby, W. M., & Sandiford, I. (1929). Normal values of basal or standard metabolism. A modification of the Dubois standards. *Am J Physiol*, *90*, 290-291.
- Boutcher, S. H. (2010). High-intensity intermittent exercise and fat loss. *Journal of obesity*, *2011*.
- Brehm, B. A., & Gutin, B. E. R. N. A. R. D. (1986). Recovery energy expenditure for steady state exercise in runners and nonexercisers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *18*(2), 205-210.
- Broeder, C. E., Burrhus, K. A., Svanevik, L. S., & Wilmore, J. H. (1992). The effects of either high-intensity resistance or endurance training on resting metabolic rate. *The American journal of clinical nutrition*, *55*(4), 802-810.
- Burgomaster, K. A., Hughes, S. C., Heigenhauser, G. J., Bradwell, S. N., & Gibala, M. J. (2005). Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *Journal of applied physiology*, *98*(6), 1985-1990.
- Byrne, H., & Wilmore, J. (1999). THE EFFECTS OF EXERCISE TRAINING ON RESTING METABOLIC RATE IN PREVIOUSLY SEDENTARY, MODERATELY OBESE WOMEN. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *31*(5).
- Castaneda, C., Layne, J. E., Munoz-Orians, L., Gordon, P. L., Walsmith, J., Foldvari, M., ... & Nelson, M. E. (2002). A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes care*, *25*(12), 2335-2341.
- Cawley, J., & Meyerhoefer, C. (2012). The medical care costs of obesity: an instrumental variables approach. *Journal of health economics*, *31*(1), 219-230.

Chatzinikolaou, A., Fatouros, I., Petridou, A., Jamurtas, A., Avloniti, A., Douroudos, I., ... & Mitrakou, A. (2008). Adipose tissue lipolysis is upregulated in lean and obese men during acute resistance exercise. *Diabetes Care*, *31*(7), 1397-1399.

Church, T. S., Blair, S. N., Cocreham, S., Johannsen, N., Johnson, W., Kramer, K., ... & Sparks, L. (2010). Effects of aerobic and resistance training on hemoglobin A1c levels in patients with type 2 diabetes: a randomized controlled trial. *Jama*, *304*(20), 2253-2262.

De Weir JB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol* 1948;109:1-9

Dhurandhar, E. J., Kaiser, K. A., Dawson, J. A., Alcorn, A. S., Keating, K. D., & Allison, D. B. (2015). Predicting adult weight change in the real world: a systematic review and meta-analysis accounting for compensatory changes in energy intake or expenditure. *International journal of obesity*, *39*(8), 1181.

Dolezal, B. A., & Potteiger, J. A. (1998). Concurrent resistance and endurance training influence basal metabolic rate in nondieting individuals. *Journal of applied physiology*, *85*(2), 695-700.

Donnelly, J. E., Blair, S. N., Jakicic, J. M., Manore, M. M., Rankin, J. W., & Smith, B. K. (2009). Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *41*(2), 459-471.

Edwards, H. T., Thorndike JR, A., & Dill, D. B. (1989). THE ENERGY REQUIREMENT IN STRENUOUS MUSCULAR EXERCISE: THE NEW ENGLAND JOURNAL OF MEDICINE. *Nutrition Reviews*, *47*(5), 138-141.

Fatouros, I. G., Chatzinikolaou, A., Tournis, S., Nikolaidis, M. G., Jamurtas, A. Z., Douroudos, I. I., ... & Mitrakou, A. (2009). Intensity of resistance exercise determines adipokine and resting energy expenditure responses in overweight elderly individuals. *Diabetes care*, *32*(12), 2161-2167.

- Fatouros, I. G., Tournis, S., Leontsini, D., Jamurtas, A. Z., Sxina, M., Thomakos, P., ... & Mitrakou, A. (2005). Leptin and adiponectin responses in overweight inactive elderly following resistance training and detraining are intensity related. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, *90*(11), 5970-5977.
- Finkelstein, E. A., Trogon, J. G., Cohen, J. W., & Dietz, W. (2009). Annual Medical Spending Attributable To Obesity: Payer-And Service-Specific Estimates: Amid calls for health reform, real cost savings are more likely to be achieved through reducing obesity and related risk factors. *Health affairs*, *28*(Suppl1), w822-w831.
- Finucane, M. M., Stevens, G. A., Cowan, M. J., Danaei, G., Lin, J. K., Paciorek, C. J., ... & Farzadfar, F. (2011). National, regional, and global trends in body-mass index since 1980: systematic analysis of health examination surveys and epidemiological studies with 960 country-years and 9· 1 million participants. *The Lancet*, *377*(9765), 557-567.
- Fogelholm, M. (2010). Physical activity, fitness and fatness: relations to mortality, morbidity and disease risk factors. A systematic review. *Obesity reviews*, *11*(3), 202-221.
- Foster, C., Farland, C. V., Guidotti, F., Harbin, M., Roberts, B., Schuette, J., ... & Porcari, J. P. (2015). The effects of high intensity interval training vs steady state training on aerobic and anaerobic capacity. *Journal of sports science & medicine*, *14*(4), 747.
- Franklin, B. A., Whaley, M. H., Howley, E. T., & Balady, G. J. (2000). American College of Sports Medicine: ACSM's guidelines for exercise testing and prescription.
- Garrow, J. S. (1978). Energy balance and obesity in man. 2nd edit.
- Garrow, J. S., Durrant, M. L., Mann, S., Stalley, S. F., & Warwick, P. M. (1978). Factors determining weight loss in obese patients in a metabolic ward. *International journal of obesity*, *2*(4), 441-447.
- Gibala, M. (2009). Molecular responses to high-intensity interval exercise. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, *34*(3), 428-432.



Goodpaster, B. H., DeLany, J. P., Otto, A. D., Kuller, L., Vockley, J., South-Paul, J. E., ... & Lang, W. (2010). Effects of diet and physical activity interventions on weight loss and cardiometabolic risk factors in severely obese adults: a randomized trial. *Jama*, *304*(16), 1795-1802.

Haff, G. G., Berninger, D., & Caulfield, S. (2015). Exercise Technique for Alternative Methods and Nontraditional Implement Training.

Haff, G. G., Berninger, D., & Caulfield, S. (2015). Exercise Technique for Alternative Methods and Nontraditional Implement Training.

Hakkinen, K., Pakarinen, A., Kraemer, W. J., Newton, R. U., & Alen, M. (2000). Basal concentrations and acute responses of serum hormones and strength development during heavy resistance training in middle-aged and elderly men and women. *Journals of Gerontology-Biological Sciences and Medical Sciences*, *55*(2), B95.

Hall, K. D., Sacks, G., Chandramohan, D., Chow, C. C., Wang, Y. C., Gortmaker, S. L., & Swinburn, B. A. (2011). Quantification of the effect of energy imbalance on bodyweight. *The Lancet*, *378*(9793), 826-837.

Haugen, H. A., Melanson, E. L., Tran, Z. V., Kearney, J. T., & Hill, J. O. (2003). Variability of measured resting metabolic rate. *The American journal of clinical nutrition*, *78*(6), 1141-1144.

Hazell, T. J., Hamilton, C. D., Olver, T. D., & Lemon, P. W. (2014). Running sprint interval training induces fat loss in women. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *39*(8), 944-950.

Hazell, T. J., Olver, T. D., Hamilton, C. D., & Lemon, P. W. (2012). Two minutes of sprint-interval exercise elicits 24-hr oxygen consumption similar to that of 30 min of continuous endurance exercise. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, *22*(4),

276-283.

Hickson, R. C. (1980). Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 45(2-3), 255-263.

Hill, J. O., & Commerford, R. (1996). Physical activity, fat balance, and energy balance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 6(2), 80-92.

Hill, J. O., & Commerford, R. (1996). Physical activity, fat balance, and energy balance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 6(2), 80-92.

Hill, J. O., Saris, W. H. M., & Levine, J. A. (2003). Energy expenditure in physical activity. In *Handbook of obesity* (pp. 647-670). CRC Press.

Ho, S. S., Dhaliwal, S. S., Hills, A. P., & Pal, S. (2012). The effect of 12 weeks of aerobic, resistance or combination exercise training on cardiovascular risk factors in the overweight and obese in a randomized trial. *BMC public health*, 12(1), 704.

Horton, E. S. (1983). Introduction: an overview of the assessment and regulation of energy balance in humans. *American Journal of Clinical Nutrition (USA)*.

HUNTER, G. R., BRYAN, D. R., WETZSTEIN, C. J., ZUCKERMAN, P. A., & BAMMAN, M. M. (2002). Resistance training and intra-abdominal adipose tissue in older men and women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(6), 1023-1028.

Jabekk, P. T., Moe, I. A., Meen, H. D., Tomten, S. E., & Høstmark, A. T. (2010). Resistance training in overweight women on a ketogenic diet conserved lean body mass while reducing body fat. *Nutrition & metabolism*, 7(1), 17.

Jakicic, J. M., Wing, R. R., & Winters-Hart, C. (2002). Relationship of physical activity to eating behaviors and weight loss in women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*.

James, W. P. T. (1983). Energy requirements and obesity. *Lancet*.

Kelly, B., King, J. A., Goerlach, J., & Nimmo, M. A. (2013). The impact of high-intensity intermittent exercise on resting metabolic rate in healthy males. *European journal of applied physiology*, *113*(12), 3039-3047.

Kelly, B., King, J. A., Goerlach, J., & Nimmo, M. A. (2013). The impact of high-intensity intermittent exercise on resting metabolic rate in healthy males. *European journal of applied physiology*, *113*(12), 3039-3047.

Klika, B., & Jordan, C. (2013). High-intensity circuit training using body weight: Maximum results with minimal investment. *ACSM's Health & Fitness Journal*, *17*(3), 8-13.

Knab, A. M., Shanely, R. A., Corbin, K. D., Jin, F., Sha, W., & Nieman, D. C. (2011). A 45-minute vigorous exercise bout increases metabolic rate for 14 hours. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *43*(9), 1643-1648.

Kopelman, P. G. (2000). Obesity as a medical problem. *Nature*, *404*(6778), 635.

Kotani, K., Nishida, M., Yamashita, S., Funahashi, T., Fujioka, S., Tokunaga, K., ... & Matsuzawa, Y. (1997). Two decades of annual medical examinations in Japanese obese children: do obese children grow into obese adults?. *International journal of obesity*, *21*(10), 912.

Laforgia, J., Withers, R. T., & Gore, C. J. (2006). Effects of exercise intensity and duration on the excess post-exercise oxygen consumption. *Journal of sports sciences*, *24*(12), 1247-1264.

Lemmer, J. T., Ivey, F. M., Ryan, A. S., Martel, G. F., Hurlbut, D. E., Metter, J. E., ... & Hurley, B. F. (2001). Effect of strength training on resting metabolic rate and physical activity: age and gender comparisons. *Medicine and science in sports and exercise*, *33*(4), 532-541.

Lunt, H., Draper, N., Marshall, H. C., Logan, F. J., Hamlin, M. J., Shearman, J. P., ... & Frampton, C. M. (2014). High intensity interval training in a real world setting: a randomized

controlled feasibility study in overweight inactive adults, measuring change in maximal oxygen uptake. *PloS one*, 9(1), e83256.

Maesta, N., Nahas, E. A., Nahas-Neto, J., Orsatti, F. L., Fernandes, C. E., Traiman, P., & Burini, R. C. (2007). Effects of soy protein and resistance exercise on body composition and blood lipids in postmenopausal women. *Maturitas*, 56(4), 350-358.

Maffei, Á., Halaas, J., Ravussin, E., Pratley, R. E., Lee, G. H., Zhang, Y., ... & Kern, P. A. (1995). Leptin levels in human and rodent: measurement of plasma leptin and ob RNA in obese and weight-reduced subjects. *Nature medicine*, 1(11), 1155.

Manore, M. M., Brown, K., Houtkooper, L., Jakicic, J. M., Peters, J. C., Edge, M. S., ... & Krauthaim, A. M. (2014). Energy balance at a crossroads: Translating the science into action. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 114(7), 1113-1119.

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (1991). Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance.

Miller, M. B., Pearcey, G. E., Cahill, F., McCarthy, H., Stratton, S. B., Nofall, J. C., ... & Button, D. C. (2014). The effect of a short-term high-intensity circuit training program on work capacity, body composition, and blood profiles in sedentary obese men: a pilot study. *BioMed research international*, 2014.

Moholdt, T. T., Amundsen, B. H., Rustad, L. A., Wahba, A., Løvø, K. T., Gullikstad, L. R., ... & Slørdahl, S. A. (2009). Aerobic interval training versus continuous moderate exercise after coronary artery bypass surgery: a randomized study of cardiovascular effects and quality of life. *American heart journal*, 158(6), 1031-1037.

Munk, P. S., Staal, E. M., Butt, N., Isaksen, K., & Larsen, A. I. (2009). High-intensity interval training may reduce in-stent restenosis following percutaneous coronary intervention with stent implantation: a randomized controlled trial evaluating the relationship to endothelial function and inflammation. *American heart journal*, 158(5), 734-741.

Myers, T. R., Schneider, M. G., Schmale, M. S., & Hazell, T. J. (2015). Whole-body aerobic resistance training circuit improves aerobic fitness and muscle strength in sedentary young females. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(6), 1592-1600.

Myers, T. R., Schneider, M. G., Schmale, M. S., & Hazell, T. J. (2015). Whole-body aerobic resistance training circuit improves aerobic fitness and muscle strength in sedentary young females. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(6), 1592-1600.

Okay, D. M., Jackson, P. V., Marcinkiewicz, M., & Papino, M. N. (2009). Exercise and obesity. *Primary Care: Clinics in Office Practice*, 36(2), 379-393.

Osterberg, K. L., & Melby, C. L. (2000). Effect of acute resistance exercise on postexercise oxygen consumption and resting metabolic rate in young women. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 10(1), 71-81.

Pacy, P. J., Barton, N., Webster, J. D., & Garrow, J. S. (1985). The energy cost of aerobic exercise in fed and fasted normal subjects. *The American journal of clinical nutrition*, 42(5), 764-768.

Park, D. H., & Ransone, J. W. (2003). Effects of submaximal exercise on high-density lipoprotein-cholesterol subfractions. *International journal of sports medicine*, 24(04), 245-251.

Poehlman, E. T. (1989). A review: exercise and its influence on resting energy metabolism in man. *Medicine and science in sports and exercise*, 21(5), 515-525.

Poehlman, E. T. (1989). A review: exercise and its influence on resting energy metabolism in man. *Medicine and science in sports and exercise*, 21(5), 515-525.

Reed, G. W., & Hill, J. O. (1996). Measuring the thermic effect of food. *The American journal of clinical nutrition*, 63(2), 164-169.

Riou, M. È., Jomphe-Tremblay, S., Lamothe, G., Stacey, D., Szczotka, A., & Doucet, È. (2015). Predictors of energy compensation during exercise interventions: a systematic review. *Nutrients*, 7(5), 3677-3704.

Sale, D. G., Jacobs, I., MacDougall, J. D., & Garner, S. (1990). Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training. *Medicine and science in sports and exercise*, 22(3), 348-356.

Scharhag-Rosenberger, F., Meyer, T., Walitzek, S., & Kindermann, W. (2010). Effects of one year aerobic endurance training on resting metabolic rate and exercise fat oxidation in previously untrained men and women. *International journal of sports medicine*, 31(07), 498-504.

Schjerve, I. E., Tyldum, G. A., Tjønnå, A. E., Stølen, T., Loennechen, J. P., Hansen, H. E., ... & Smith, G. L. (2008). Both aerobic endurance and strength training programmes improve cardiovascular health in obese adults. *Clinical science*, 115(9), 283-293.

Schjerve, I. E., Tyldum, G. A., Tjønnå, A. E., Stølen, T., Loennechen, J. P., Hansen, H. E., ... & Smith, G. L. (2008). Both aerobic endurance and strength training programmes improve cardiovascular health in obese adults. *Clinical science*, 115(9), 283-293.

Schmitz, K. H., Jensen, M. D., Kugler, K. C., Jeffery, R. W., & Leon, A. S. (2003). Strength training for obesity prevention in midlife women. *International journal of obesity*, 27(3), 326-333.

Schubert, M. M., Clarke, H. E., Seay, R. F., & Spain, K. K. (2017). Impact of 4 weeks of interval training on resting metabolic rate, fitness, and health-related outcomes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 42(10), 1073-1081.

Schubert, M. M., Clarke, H. E., Seay, R. F., & Spain, K. K. (2017). Impact of 4 weeks of interval training on resting metabolic rate, fitness, and health-related outcomes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 42(10), 1073-1081.

Seidell, J. C., & Halberstadt, J. (2015). The global burden of obesity and the challenges of prevention. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 66(Suppl. 2), 7-12.

Seidell, J. C., Han, T. S., Feskens, E. J., & Lean, M. E. J. (1997). Narrow hips and broad waist circumferences independently contribute to increased risk of non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Journal of internal medicine*, 242(5), 401-406.

SHANNON, J. R., GOTTESDIENER, K., JORDAN, J., CHEN, K., FLATTERY, S., LARSON, P. J., ... & SUN, M. (1999). Acute effect of ephedrine on 24-h energy balance. *Clinical Science*, 96(5), 483-491.

Sims, E. A., Danforth Jr, E., Horton, E. S., Bray, G. A., Glennon, J. A., & Salans, L. B. (1973, January). Endocrine and metabolic effects of experimental obesity in man. In *Proceedings of the 1972 Laurentian Hormone Conference* (pp. 457-496). Academic Press.

Slentz, C. A., Aiken, L. B., Houmard, J. A., Bales, C. W., Johnson, J. L., Tanner, C. J., ... & Kraus, W. E. (2005). Inactivity, exercise, and visceral fat. STRRIDE: a randomized, controlled study of exercise intensity and amount. *Journal of applied physiology*, 99(4), 1613-1618.

Speakman, J. R., & Selman, C. (2003). Physical activity and resting metabolic rate. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(3), 621-634.

Sperlich, B., Wallmann-Sperlich, B., Zinner, C., Von Stauffenberg, V., Losert, H., & Holmberg, H. C. (2017). Functional high-intensity circuit training improves body composition, peak oxygen uptake, strength, and alters certain dimensions of quality of life in overweight women. *Frontiers in physiology*, 8, 172.

Stensel, D. (2010). Exercise, appetite and appetite-regulating hormones: implications for food intake and weight control. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 57(Suppl. 2), 36-42.

Sukala, W. R., Page, R., Rowlands, D. S., Krebs, J., Lys, I., Leikis, M., ... & Cheema, B. S. (2012). South Pacific Islanders resist type 2 diabetes: comparison of aerobic and resistance training. *European journal of applied physiology*, *112*(1), 317-325.

Talanian, J. L., Galloway, S. D., Heigenhauser, G. J., Bonen, A., & Spriet, L. L. (2007). Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *Journal of applied physiology*, *102*(4), 1439-1447.

Thackray, A. E., Deighton, K., King, J. A., & Stensel, D. J. (2016). Exercise, appetite and weight control: are there differences between men and women?. *Nutrients*, *8*(9), 583.

Thomas, D. M., Bouchard, C., Church, T., Slentz, C., Kraus, W. E., Redman, L. M., ... & Heymsfield, S. B. (2012). Why do individuals not lose more weight from an exercise intervention at a defined dose? An energy balance analysis. *Obesity Reviews*, *13*(10), 835-847.

Tsai, A. G., Williamson, D. F., & Glick, H. A. (2011). Direct medical cost of overweight and obesity in the USA: a quantitative systematic review. *Obesity Reviews*, *12*(1), 50-61.

Warburton, D. E., McKenzie, D. C., Haykowsky, M. J., Taylor, A., Shoemaker, P., Ignaszewski, A. P., & Chan, S. Y. (2005). Effectiveness of high-intensity interval training for the rehabilitation of patients with coronary artery disease. *The American journal of cardiology*, *95*(9), 1080-1084.

Warren, A., Howden, E. J., Williams, A. D., Fell, J. W., & Johnson, N. A. (2009). Postexercise fat oxidation: effect of exercise duration, intensity, and modality. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, *19*(6), 607-623.

Wasfy, M. M., & Baggish, A. L. (2016). Exercise dose in clinical practice. *Circulation*, *133*(23), 2297-2313.



Westerterp-Plantenga, M. S., Nieuwenhuizen, A., Tome, D., Soenen, S., & Westerterp, K. R. (2009). Dietary protein, weight loss, and weight maintenance. *Annual review of nutrition, 29*, 21-41.

Westerterp-Plantenga, M. S., Nieuwenhuizen, A., Tome, D., Soenen, S., & Westerterp, K. R. (2009). Dietary protein, weight loss, and weight maintenance. *Annual review of nutrition, 29*, 21-41.

Whyte, L. J., Gill, J. M., & Cathcart, A. J. (2010). Effect of 2 weeks of sprint interval training on health-related outcomes in sedentary overweight/obese men. *Metabolism, 59*(10), 1421-1428.

Wisløff, U., Støylen, A., Loennechen, J. P., Bruvold, M., Rognum, Ø., Haram, P. M., ... & Videm, V. (2007) Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: A randomized study. *Circulation, 115* (24): 3086-3094. *CONCLUSÃO GERAL.*

Woo, R., Daniels-Kush, R., & Horton, E. S. (1985). Regulation of energy balance. *Annual review of nutrition, 5*(1), 411-433.