



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**  
**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ**  
**ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**ΑΣΚΗΣΗ, ΕΡΓΟΣΠΡΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ**  
**ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ**



## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

# **Η ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΔΑΠΑΝΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΥΚΛΙΚΗ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ ΔΥΝΑΜΗΣ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΦΟΙΤΗΤΡΙΕΣ ΣΕΦΑΑ**

*Αναστασία Φυτιάνου*

Πτυχιούχος ΤΕΦΑΑ ΑΠΘ

Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια του τμήματος Ιατρικής

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

### **ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

Αθανάσιος Χατζηνικολάου, Επίκουρος Καθηγητής ΣΕΦΑΑ, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο  
Θράκης, Επιβλέπων Καθηγητής

Ιωάννης Φατούρος, Αν. Καθηγητής Βιοχημείας της Άσκησης ΣΕΦΑΑ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,  
Μέλος Τριμελούς Επιτροπής

Αθανάσιος Τζιαμούρτας, Αν. Καθηγητής Βιοχημείας της Άσκησης ΣΕΦΑΑ, Πανεπιστήμιο  
Θεσσαλίας, Μέλος Τριμελούς Επιτροπής

**Λάρισα, 2017**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**  
**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ**  
**ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**ΑΣΚΗΣΗ, ΕΡΓΟΣΠΡΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ**  
**ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ**



**ENERGY EXPENDITURE**  
**DURING CIRCUIT STRENGTH TRAINING**  
**IN PHYSICAL EDUCATION STUDENTS**

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Κατάλογος Πινάκων .....	4
Κατάλογος Σχημάτων .....	5
Πρόλογος-Ευχαριστίες .....	6
Περίληψη .....	7
Abstract .....	8
Εισαγωγή .....	9
1 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Εισαγωγή στη Δύναμη .....	11
2 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Λιπομέτρηση .....	12
3 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Άσκηση μέσης και μεγάλης Διάρκειας και Άσκηση με Αντιστάσεις .....	13
4 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Άσκηση και Διαχείριση του Σωματικού Βάρους .....	17
5 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Μέθοδοι Μέτρησης της Ενεργειακής Δαπάνης στην Άσκηση .....	19
6 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Παράγοντες Προσδιορισμού Έντασης της Άσκησης .....	22
7 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Η Ενεργειακή Δαπάνη στην Προπόνηση με Αντιστάσεις .....	23
8 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Παράγοντες που επηρεάζουν την Ενεργειακή Δαπάνη .....	26
Σκοπός .....	30
Υλικό και Μέθοδος .....	31
Αποτελέσματα .....	35
Συζήτηση .....	47
Βιβλιογραφία .....	52

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>Πίνακας 1:</b> Σωματομετρικά Χαρακτηριστικά .....	<b>32</b>
<b>Πίνακας 2:</b> Ποσοστό Λίπους (total fat %), BMC (Bone Mineral Content, g), BMD (Bone Mineral Density, g/cm <sup>2</sup> ) από μέτρηση DEXA.....	<b>33</b>
<b>Πίνακας 3:</b> Δερματοπτυχές .....	<b>33</b>
<b>Πίνακας 4:</b> Τιμές συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος στα δύο πρωτόκολλα κυκλικής προπόνησης με αντιστάσεις, στο τέλος των τριών άσκησης. ....	<b>39</b>
<b>Πίνακας 5:</b> Μέσοι όροι για το μεταβολικό ισοδύναμο στους τρεις κύκλους άσκησης στο πρόγραμμα κυκλικής προπόνησης με το σωματικό βάρος και τα ελεύθερα βάρη .....	<b>44</b>
<b>Πίνακας 6:</b> Μέσοι όροι για το μεταβολικό ισοδύναμο στους τρεις κύκλους άσκησης στο πρόγραμμα κυκλικής προπόνησης με τα μηχανήματα .....	<b>45</b>

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

- Σχήμα 1:** Μέση Καρδιακή Συχνότητα κατά τη διάρκεια των τριών κύκλων άσκησης στα προγράμματα κυκλικής προπόνησης με το σωματικό βάρος και στα μηχανήματα. .... 36
- Σχήμα 2:** Πρόσληψη Οξυγόνου κατά τη διάρκεια των τριών κύκλων άσκησης στα προγράμματα κυκλικής προπόνησης με το σωματικό βάρος και στα μηχανήματα. .... 37
- Σχήμα 3:** Αναπνευστικό πηλίκιο κατά τη διάρκεια των τριών κύκλων άσκησης στα προγράμματα κυκλικής προπόνησης με το σωματικό βάρος και στα μηχανήματα. .... 38
- Σχήμα 4:** Θερμιδική δαπάνη με υπολογισμούς μέσω της καρδιακής συχνότητας κατά τη διάρκεια των τριών κύκλων άσκησης στα προγράμματα κυκλικής προπόνησης με το σωματικό βάρος και στα μηχανήματα. .... 40
- Σχήμα 5:** Θερμιδική δαπάνη με υπολογισμούς μέσω της πρόσληψης οξυγόνου κατά τη διάρκεια των τριών κύκλων άσκησης στα προγράμματα κυκλικής προπόνησης με το σωματικό βάρος και στα μηχανήματα. .... 41
- Σχήμα 6:** Μέση καρδιακή συχνότητα σε άντρες και γυναίκες κατά τη διάρκεια των τριών κύκλων άσκησης στο πρόγραμμα κυκλικής προπόνησης στα μηχανήματα. .... 42
- Σχήμα 7:** Μέση καρδιακή συχνότητα σε άντρες και γυναίκες κατά τη διάρκεια των τριών κύκλων άσκησης στο πρόγραμμα κυκλικής προπόνησης με το σωματικό βάρος και τα ελεύθερα βάρη. .... 43
- Σχήμα 8:** Μεταβολικό Ισοδύναμο κατά τη διάρκεια των τριών κύκλων άσκησης στα προγράμματα κυκλικής προπόνησης με το σωματικό βάρος και στα μηχανήματα. .... 46

## Πρόλογος-Ευχαριστίες

Η προπόνηση δύναμης αποτελεί σημαντικό κομμάτι σε προγράμματα άσκησης και τα τελευταία χρόνια συστήνεται όλο και περισσότερο για τη βελτίωση της υγείας και για τη μείωση του σωματικού βάρους, καθώς, όσον αφορά τη μεταβολική απόκριση, έχει βρεθεί ότι αυξάνει σημαντικά την θερμοϊδική απώλεια. Βέβαια, η μεγάλη ποικιλία στη μεθοδολογία και στα χαρακτηριστικά των προγραμμάτων άσκησης με αντιστάσεις κάνουν δύσκολη τη σύγκριση μεταξύ των ερευνών και χρειάζεται περισσότερη έρευνα πάνω στην ενεργειακή δαπάνη κατά την προπόνηση δύναμης.

Στη μελέτη αυτή εκτιμήθηκε η ενεργειακή δαπάνη κατά την κυκλική προπόνηση άσκησης με αντιστάσεις σε δύο πρωτόκολλα άσκησης, με το βάρος του σώματος και ελεύθερα βάρη και με μηχανήματα. Η ενεργειακή δαπάνη υπολογίστηκε με τη μέθοδο της έμμεσης θερμοδομετρίας, μετρώντας την κατανάλωση οξυγόνου κατά τη διάρκεια της άσκησης, καθώς επίσης χρησιμοποιήθηκαν και εξισώσεις που συνυπολογίζουν το φύλο, την καρδιακή συχνότητα, το σωματικό βάρος, την ηλικία και το χρόνο της άσκησης. Επιπλέον, υπολογίστηκε το πηλίκo ανταλλαγής αερίων, για την εκτίμηση των ενεργειακών υποστρωμάτων που οξειδώνονται για την παραγωγή ενέργειας, το γαλακτικό οξύ και το μεταβολικό ισοδύναμο (MET) για την εκτίμηση της έντασης της άσκησης.

Ευχαριστώ τον καθηγητή μου, κ. Αθανάσιο Χατζηνικολάου, που μου εμπιστεύθηκε την ιδέα για το θέμα της εργασίας, αλλά και για τη βοήθειά του στη διεκπεραίωσή της. Ευχαριστώ τους φοιτητές και τις φοιτήτριες του ΣΕΦΑΑ του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης για τη συμμετοχή και τη συνεργασία τους στην έρευνα αυτή.

## Περίληψη

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η εκτίμηση της ενεργειακής δαπάνης κατά τη διάρκεια της άσκησης σε δύο πρωτόκολλα κυκλικής προπόνησης με αντιστάσεις, ένα με το βάρος του σώματος και ελαφρύ εξοπλισμό και ένα σε μηχανήματα σταθερής τροχιάς. Στόχος ήταν τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης να συμβάλλουν σε έναν καλύτερο σχεδιασμό προγραμμάτων άσκησης. Στη μελέτη συμμετείχαν εθελοντικά 14 υγιείς φοιτητές/τριες ΣΕΦΑΑ, ηλικίας 19-25 ετών. Αρχικά προσδιορίστηκαν τα σωματομετρικά τους χαρακτηριστικά και η σύσταση του σώματος με τη μέθοδο Dual Energy X-ray Absorptiometry (DEXA), τις δερματοπτυχές και τον Δείκτη Μάζας Σώματος. Επίσης, υπολογίστηκαν οι 12 μέγιστες επαναλήψεις σε κάθε μία από τις ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν. Οι φοιτητές χωρίστηκαν σε δύο ομάδες και εκτέλεσαν και τα δύο πρωτόκολλα άσκησης με τυχαιοποιημένη σειρά. Τα πρωτόκολλα άσκησης περιελάμβαναν 10 σταθμούς, των 3 σετ, με 20 δευτερόλεπτα άσκησης και 40 δευτερόλεπτα διάλειμμα μεταξύ των σταθμών, ενώ το διάλειμμα μεταξύ των κύκλων είχε διάρκεια 2 λεπτά. Οι ασκούμενοι εκτελούσαν όσες περισσότερες επαναλήψεις μπορούσαν στα 20 δευτερόλεπτα. Στα μηχανήματα η ένταση ήταν στο 70-75% της μίας μέγιστης επανάληψης. Αξιολογήθηκε η ενεργειακή δαπάνη, υπολογίζοντας την πρόσληψη οξυγόνου με τη χρήση φορητού αναλυτή αερίων και μέσω της καρδιακής συχνότητας. Ακόμα, εκτιμήθηκε το αναπνευστικό πηλίκο και το γαλακτικό οξύ. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, το πρωτόκολλο άσκησης με το βάρος του σώματος παρουσίασε στατιστικά υψηλότερες τιμές κατά τη διάρκεια των τριών κύκλων άσκησης στη μέση καρδιακή συχνότητα, την πρόσληψη οξυγόνου και στην ενεργειακή κατανάλωση σε σύγκριση με αυτό στα μηχανήματα, ενώ στο τελευταίο υπήρξαν στατιστικά υψηλότερες τιμές στο αναπνευστικό πηλίκο και τη συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος. Συμπερασματικά, η προπόνηση με ελεύθερα βάρη φαίνεται να υπερισχύει της άσκησης στα μηχανήματα όσον αφορά την ενεργειακή δαπάνη σε δεδομένο χρονικό διάστημα.

## Λέξεις Κλειδιά

**κατανάλωση οξυγόνου, ενεργειακή κατανάλωση, κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις, προπόνηση δύναμης, μεταβολισμός ενέργειας**

## **Abstract**

The purpose of this study was to estimate the energy expenditure during two different circuit strength training protocols, composed of fixed trajectory machine exercises and free-weight - body weight exercises. The target of this research was to contribute to a better planning of exercise programs. Fourteen healthy Physical Education students, aged 19-25 years, volunteered to participate in this study. Anthropometric measurements included height and body mass and body composition analysis was measured by DEXA and estimated by skinfold caliper and Body Mass Index. Moreover, the 12 Repetition Maximum (RM) was tested for each exercise. In machine exercises protocol the intensity was at 70-75% of 1 RM. The students performed randomized both the exercise protocols. Exercise protocols consisted of 3 sets of 10 exercises and students carried out as many repetitions as they could for 20 seconds in each exercise and had 40 seconds of rest. There was a 2 minutes rest interval between cycles. Energy expenditure was measured by monitoring oxygen consumption with a portable gas analyzer and by evaluating heart rate. In addition, respiratory quotient and lactic acid accumulation were assessed too. According to the results of this study, free weight and body weight exercises showed statistically higher values during the three cycles in mean heart rate, oxygen uptake and energy consumption compared to the machine exercises, while in machine exercises protocol there were statistically higher values in the respiratory quotient and the concentration of lactic acid. The findings of this study show that free-weight and body weight exercises seem to predominate the machine exercises in terms of energy expenditure at a given time.

## **Key Words**

**oxygen consumption, energy expenditure, circuit weight training, resistance training, energy metabolism**



## Εισαγωγή

Η προπόνηση δύναμης αποτελεί σημαντικό κομμάτι σε προγράμματα άσκησης, καθώς συμβάλλει θετικά σε πολλούς παράγοντες που οδηγούν σε μία καλύτερη ποιότητα ζωής, όπως στη βελτίωση της μυϊκής δύναμης και αντοχής, στην αύξηση της οστικής πυκνότητας, στην απώλεια του σωματικού βάρους και στη βελτίωση της σύστασης του σώματος και του λιπιδαιμικού προφίλ. Επίσης, στη μείωση της αρτηριακής πίεσης αλλά και του στρες που δέχεται η καρδιά όταν σηκώνει ο ασκούμενος κάποιο βάρος και στη βελτίωση της καρδιαγγειακής λειτουργίας. [1,2,3]

Η κυκλική προπόνηση δύναμης, είναι μία μορφή άσκησης που συνδυάζει στοιχεία αερόβιας προπόνησης με ασκήσεις με αντιστάσεις και φαίνεται να είναι ιδιαίτερα αποδοτική όσον αφορά την αύξηση της πρόσληψης οξυγόνου και του μέγιστου πνευμονικού αερισμού, τη βελτίωση της λειτουργικής ικανότητας και της δύναμης, καθώς επίσης και τη μείωση του σωματικού βάρους. Η δομή της κυκλικής προπόνησης δύναμης εμπεριέχει ένα προκαθορισμένο σετ από ασκήσεις και αυτό εκτελείται για συγκεκριμένη χρονική περίοδο ή για 10-15 επαναλήψεις, με διάλειμμα ανάμεσα στα σετ. [4, 5]

Όσον αφορά την ενεργειακή δαπάνη στην άσκηση με αντιστάσεις, υπάρχουν πολλοί παράγοντες που την επηρεάζουν, όπως η ποσότητα της μυϊκής μάζας που ενεργοποιείται σε μία άσκηση, ο αριθμός των σετ, η διάρκεια του διαλείμματος, ο αριθμός των επαναλήψεων, η ταχύτητα εκτέλεσης της κίνησης και ο όγκος της προπόνησης. Επιπρόσθετα, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ατομικά χαρακτηριστικά των ασκούμενων, όπως το φύλο, η ηλικία, η σύσταση του σώματος και το επίπεδο της φυσικής τους κατάστασης. [6]

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, για να υπολογιστεί η συνολική ενεργειακή δαπάνη στην άσκηση με αντιστάσεις, και ειδικότερα στην κυκλική προπόνηση δύναμης, χρειάζεται τόσο η εκτίμηση της αερόβιας κατανάλωσης ενέργειας όσο και της αναερόβιας, διαφορετικά η συνολική δαπάνη ενέργειας υποεκτιμάται. Σε πρόσφατη έρευνα, μελετήθηκαν τρία πρωτόκολλα κυκλικής προπόνησης δύναμης, ίδιας διάρκειας, που αποτελούνταν από 3 σετ των 8 ασκήσεων και ένταση 70% των 15 RM και με 15 δευτερόλεπτα διάλειμμα ανάμεσα στις ασκήσεις. Στο πρωτόκολλο κυκλικής προπόνησης με ελεύθερα βάρη η ενεργειακή δαπάνη ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με τα μηχανήματα, ενώ φαίνεται ότι όταν παρεμβάλλεται και αερόβια προπόνηση ανάμεσα στις ασκήσεις με αντιστάσεις, η ενεργειακή δαπάνη είναι ακόμα μεγαλύτερη. Επιπρόσθετα, στο συνδυασμό αερόβιας άσκησης και άσκησης με βάρη, η τιμή της συγκέντρωσης του γαλακτικού οξέος ήταν η χαμηλότερη, όπως και το αίσθημα της κόπωσης κατά τη διάρκεια της άσκησης. [7]

Η μεθοδολογία που κυρίως χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ενεργειακής δαπάνης είναι η έμμεση θερμιδομετρία, με τη μέτρηση της πρόσληψης οξυγόνου ( $\text{VO}_2$ ) των εκπνεόμενων αερίων κατά

την άσκηση. Μία ακόμα μέτρηση που μπορεί να γίνει με τον ίδιο τρόπο, είναι αυτή του πηλίκου ανταλλαγής αερίων (RER), που χρησιμεύει ως δείκτης του αναπνευστικού πηλίκου για την εκτίμηση της αναλογίας των ενεργειακών υποστρωμάτων (υδατάνθρακες, λίπη) που οξειδώνονται στα μυϊκά κύτταρα. Οι μετρήσεις αυτές, βέβαια, είναι πιο έγκυρες σε κατάσταση μεταβολικής ισορροπίας, που συμβαίνει στη χαμηλή έντασης άσκηση και με μεγάλη διάρκεια. Για την αερόβια και αναερόβια κατανάλωση ενέργειας, πάλι, μία μέθοδος μέτρησης που χρησιμοποιείται είναι η συγκέντρωση του χρέους οξυγόνου, που προκύπτει, επίσης, από τη μέτρηση της  $VO_2$ , ενώ η ποσότητα της αναερόβιας γαλακτικής δαπάνης ενέργειας, υπολογίζεται από το μεταβολικό ισοδύναμο της μέγιστης συγκέντρωσης του γαλακτικού οξέος μετά την άσκηση. [8]

Η μεγάλη ποικιλία στη μεθοδολογία που χρησιμοποιείται αλλά και στα διαφορετικά χαρακτηριστικά των πρωτόκολλων άσκησης με αντιστάσεις, κάνουν δύσκολη τη σύγκριση μεταξύ των ερευνών. [8] Σίγουρα, χρειάζεται περισσότερη έρευνα πάνω στην ενεργειακή δαπάνη κατά την άσκηση με αντιστάσεις, σε υγιείς αλλά και κλινικούς πληθυσμούς, με στόχο αποδοτικότερα προγράμματα άσκησης, προσαρμοσμένα στις ανάγκες των ασκουμένων.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να ερευνηθεί η επίδραση της προπόνησης δύναμης συγκρίνοντας δύο πρωτόκολλα άσκησης με αντιστάσεις, το πρώτο με μηχανήματα και το δεύτερο με το βάρος του σώματος και με ελεύθερα βάρη, ως προς την ενεργειακή δαπάνη και την κατανάλωση οξυγόνου κατά την άσκηση, την καρδιακή συχνότητα, το πηλίκο ανταλλαγής αερίων, το μεταβολικό ισοδύναμο και το γαλακτικό οξύ. Για την ενεργειακή κατανάλωση κατά τη διάρκεια της άσκησης, θα χρησιμοποιηθούν, επίσης, εξισώσεις που συνυπολογίζουν το φύλο, την καρδιακή συχνότητα, το σωματικό βάρος, την ηλικία και το χρόνο της άσκησης. Τα δύο πρωτόκολλα θα έχουν ίδια διάρκεια άσκησης και διαλείμματος, ένταση, σετ, καθώς και τον ρυθμό εκτέλεσης αυτών. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής μπορούν να συμβάλλουν στον καλύτερο σχεδιασμό προγραμμάτων άσκησης.

## 1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο

### Εισαγωγή στη Δύναμη

Οι κύριες μορφές δύναμης είναι η αντοχή στη δύναμη, η μέγιστη δύναμη και η ταχυδύναμη-ισχύς. Η αντοχή στη δύναμη είναι η ικανότητα να αντέχει ο ασκούμενος στην κόπωση, σε επιβαρύνσεις δύναμης. Τα χαρακτηριστικά στην προπόνηση αυτής της μορφής δύναμης είναι η χαμηλή-μέτρια ένταση, ο μεγάλος αριθμός των επαναλήψεων και ο μικρός χρόνος αποκατάστασης μεταξύ των σετ. Η μέγιστη δύναμη είναι η υψηλότερη τιμή δύναμης που μπορεί να αναπτυχθεί από το νευρομυϊκό σύστημα σε μία μέγιστη συνειδητή συστολή. Η βελτίωση της μέγιστης δύναμης γίνεται μέσω της μυϊκής υπερτροφίας και του ενδομυϊκού συντονισμού, δηλαδή της ενεργοποίησης των κινητικών μονάδων. Η ταχυδύναμη (ή ισχύς) δείχνει την ικανότητα γρήγορης ανάπτυξης δύναμης στο διαθέσιμο χρόνο. Η μορφή αυτή της δύναμης σχετίζεται με την πρόληψη των πτώσεων σε ηλικιωμένα άτομα. [9,10]

Τα στοιχεία επιβάρυνσης για την προπόνηση της δύναμης (ένταση, ποσότητα, πυκνότητα και συχνότητα) διαφοροποιούνται ανάλογα με τους στόχους και τη φυσική κατάσταση του ασκούμενου. Η ένταση της άσκησης στην προπόνηση δύναμης μπορεί να οριστεί είτε ως ποσοστό της μίας μέγιστης επανάληψης (% του 1Repetition Maximum), είτε ως αριθμός επαναλήψεων, με τον μεγαλύτερο αριθμό επαναλήψεων να συνεπάγεται μικρότερη ένταση. Η ποσότητα της άσκησης είναι ο αριθμός των ασκήσεων, των σετ (ανά άσκηση) και των επαναλήψεων. Η πυκνότητα είναι το διάλειμμα ανάμεσα στα σετ και μεταξύ των προπονητικών μονάδων δύναμης. Η συχνότητα της προπόνησης δύναμης είναι ο αριθμός των προπονητικών μονάδων την εβδομάδα. Για αρχάριους και μέτρια προπονημένους η συχνότητα προπόνησης είναι συνήθως 2-3 προπονητικές μονάδες/εβδομάδα και για προπονημένους και προχωρημένους ασκούμενους 3-5 προπονητικές μονάδες/εβδομάδα. [9,10]

Όσον αφορά τα προπονητικά περιεχόμενα, δηλαδή τις ασκήσεις που εκτελούνται στην προπόνηση, αυτά χωρίζονται με βάση τις μυϊκές ομάδες που συμμετέχουν, της συμμετοχής των αρθρώσεων και των μέσων που χρησιμοποιούνται. Στην προπόνηση δύναμης συνίσταται να εκτελούνται πρώτα οι ασκήσεις που περιλαμβάνουν μεγάλες μυϊκές ομάδες και έπειτα μικρότερες. Επίσης, οι πολυαρθρικές ασκήσεις πρέπει να προηγούνται των μονοαρθρικών, ενώ οι ασκήσεις με υψηλή ένταση εκτελούνται πρώτα και ακολουθούν αυτές με μικρότερη ένταση. Τέλος, η προπόνηση πρέπει να είναι δομημένη έτσι ώστε να υπάρχει εναλλαγή των ασκήσεων για το πάνω και κάτω μέρος του σώματος ή για τους αγωνιστές και ανταγωνιστές μύες. [9,10]

Η προπονητική μονάδα δύναμης συμπεριλαμβάνει την προθέρμανση, το κύριο μέρος και την αποθεραπεία. Στην προθέρμανση εκτελείται συνήθως κάποια αερόβια δραστηριότητα με χαμηλή-μέτρια ένταση, καθώς επίσης γίνονται και διατακτικές ασκήσεις. Για το κύριο μέρος, στο αρχικό

στάδιο ενός μακροχρόνιου προγράμματος μυϊκής ενδυνάμωσης επιλέγονται ασκήσεις με το βάρος του σώματος πριν γίνει χρήση επιπλέον αντιστάσεων. Επιπλέον, είναι σημαντική η εκμάθηση της τεχνικής των ασκήσεων και να εκτελούνται με σταθερό ρυθμό και ελεγχόμενη ταχύτητα, ενώ η επιβάρυνση πρέπει να αυξάνεται προοδευτικά. [10]

## 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο

### Λιπομέτρηση

Η υπερβολική ποσότητα λίπους στο ανθρώπινο σώμα είναι επιβλαβής για την υγεία, ενώ το αυξημένο ποσοστό σωματικού λίπους σχετίζεται με την κακή και μη ισορροπημένη διατροφή και με τον καθιστικό τρόπο ζωής. Η μέτρηση του σωματικού λίπους είναι ένας χρήσιμος δείκτης υγείας των ανθρώπων αλλά και της φυσικής κατάστασης του αθλητή. Η μέτρηση αυτή δείχνει την καθαρή σωματική μάζα ενός ατόμου και τις μεταβολές της ποσότητας του λίπους σε σχέση με το καθαρό σωματικό βάρος. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι προσδιορισμού του σωματικού λίπους. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος DEXA, έγινε μέτρηση των δερματοπτυχών και χρήση του δείκτη μάζας σώματος (BMI). [11]

Η μέθοδος DEXA (Διπλής Ενέργειας Φωτονιακή Απορροφησιομέτρηση) είναι μία αξιόπιστη μέθοδος προσδιορισμού της οστικής μάζας και της οστικής πυκνότητας, για τη διάγνωση της οστεοπενίας και της οστεοπόρωσης, καθώς επίσης αποτελεί και μία άμεση μέθοδο λιπομέτρησης και ανάλυσης της σύστασης του σώματος. Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στο ότι διαφορετικοί ιστοί, όπως ο μυϊκός και ο λιπώδης ιστός, απορροφούν διαφορετική ποσότητα ενέργειας φωτονίων που προέρχεται από την ακτινοβολία X. Η εξέταση με το DEXA χαρακτηρίζεται από μεγάλη ακρίβεια στη μέτρηση, διαρκεί μόνο λίγα λεπτά και η έκθεση του σώματος σε ακτινοβολία είναι πολύ μικρή. Ένα από τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι το υψηλό κόστος της εξέτασης. [12,13]

Ένας έμμεσος τρόπος μέτρησης του σωματικού λίπους είναι με το δερματοπτυχόμετρο (skinfold caliper). Για τη μέτρηση, η πτυχή κρατείται σταθερά από τον αντίχειρα και τον δείκτη του αριστερού χεριού, διαχωρίζοντας έτσι τη δερματοπτυχή από τον μυϊκό ιστό. Σε απόσταση ενός εκατοστού από το σημείο πίεσης της δερματοπτυχής εφαρμόζουμε το δερματοπτυχόμετρο και λαμβάνουμε τη μέτρηση στα 2-3 πρώτα δευτερόλεπτα. Για τον προσδιορισμό της σύστασης του σώματος τα αποτελέσματα της μέτρησης εφαρμόζονται σε εξισώσεις, ανάλογα με το φύλο, την ηλικία και τον πληθυσμό που αξιολογείται. Σε σχέση με άλλες μεθόδους λιπομέτρησης, η μέτρηση των δερματοπτυχών είναι εύκολη στην εφαρμογή της και έχει χαμηλό κόστος. [11]

Ένας άλλος έμμεσος τρόπος υπολογισμού του σωματικού λίπους είναι μέσω του Δείκτη Μάζας Σώματος (BMI-Body Mass Index) που υπολογίζεται με την εξίσωση  $BMI = (\mu\acute{\alpha}\zeta\alpha)/(\acute{\upsilon}\psi\omicron\varsigma)^2$ , με τη μάζα να υπολογίζεται σε κιλά και το ύψος σε μέτρα. Με βάση τον δείκτη αυτό, η παχυσαρκία αντιστοιχεί σε  $BMI > 30$ , ενώ υπέρβαρος θεωρείται κάποιος με BMI από 25 έως 29,9 kg/m<sup>2</sup>. Ένα μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι επειδή ο δείκτης αυτός δεν εκτιμάει την αναλογική σύσταση του σώματος, μπορεί να οδηγήσει σε λάθος εκτίμηση και να χαρακτηριστούν π.χ. υπέρβαροι οι αθλητές με αυξημένη μυϊκή μάζα. [11]

### 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο

#### Άσκηση μέσης και μεγάλης Διάρκειας και Άσκηση με Αντιστάσεις

Είναι γεγονός ότι η άσκηση αποτελεί τη βάση για μία καλύτερη ποιότητα ζωής. Τόσο η αερόβια όσο και η αναερόβια προπόνηση έχουν θετικές επιδράσεις στην υγεία του ανθρώπου. Βέβαια, σε κάθε μορφή άσκησης συμμετέχουν όλοι οι ενεργειακοί μηχανισμοί για την παραγωγή μυϊκής ενέργειας (φωσφορογόνο, γλυκολυτικό και οξειδωτικό σύστημα), ανάλογα όμως με την ένταση και τη διάρκεια της έντασης συμβάλλουν περισσότερο ή λιγότερο. Σε άσκηση που χαρακτηρίζεται από μικρή διάρκεια και υψηλή ένταση επικρατεί ο αναερόβιος μηχανισμός παραγωγής μυϊκής ενέργειας, ενώ σε άσκηση μέσης ή μεγάλης διάρκειας και χαμηλής έντασης επικρατεί ο αερόβιος μηχανισμός. [14] Στην παρούσα εργασία οι όροι "αερόβια" και "αναερόβια" άσκηση χρησιμοποιούνται με την παραπάνω έννοια, χάριν συντομίας.

Η αερόβια άσκηση συμπεριλαμβάνει δραστηριότητες που συμμετέχουν οι μεγάλες μυϊκές ομάδες για ένα επαρκές χρονικό διάστημα. [15] "Αερόβια" σημαίνει με παρουσία οξυγόνου, καθώς η άσκηση αυτού του τύπου εξαρτάται από το οξυγόνο και η ενέργεια εξασφαλίζεται από την οξείδωση των λιπών και των υδατανθράκων. Επιπρόσθετα, οι αερόβιες ασκήσεις και δραστηριότητες χαρακτηρίζονται από ήπια προς μέτρια ένταση και κατά τη διάρκειά τους παράγονται χαμηλές ποσότητες γαλακτικού οξέος, κάτι που βοηθά στην άνετη εκτέλεσή τους για εκτεταμένες χρονικές περιόδους. [16]

Η αερόβια άσκηση συμβάλει στη βελτίωση διάφορων παραγόντων που σχετίζονται με την καρδιακή και αναπνευστική λειτουργία. Συνεισφέρει στην αύξηση της αντοχής καθώς η καρδιακή παροχή (δηλαδή ο όγκος αίματος που εξωθείται από την καρδιά κάθε λεπτό) αυξάνεται. Η άσκηση αντοχής βοηθά στη διατήρηση και βελτίωση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ( $VO_2 \max$ ) και στην αύξηση της απόδοσης σε υπομέγιστο έργο. Επίσης, μειώνει τους κινδύνους που σχετίζονται με ασθένειες, όπως καρδιαγγειακές παθήσεις και διαβήτη, και αυτό συνεπάγεται μία πιο υγιή και με

μεγαλύτερο προσδόκιμο ζωής. Συγκεκριμένα, σε άτομα που ασκούνται τακτικά παρατηρείται καλύτερο λιπιδαιμικό προφίλ (αυξάνεται η υψηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνη (HDL) - χοληστερόλη και η σχέση HDL/LDL), μειώνεται η πίεση του αίματος και βελτιώνεται η σύσταση του σώματος. [17,18]

Οι αερόβιες δραστηριότητες, όπως για παράδειγμα το τρέξιμο και η ποδηλασία, είναι οι πιο αποτελεσματικές ασκήσεις για την απώλεια βάρους. Ανεξάρτητα από το επίπεδο φυσικής κατάστασης ενός ατόμου, οι περισσότερες από τις θερμίδες που καταναλώνονται κατά τη διάρκεια άσκησης αντοχής προέρχονται από τον αερόβιο μηχανισμό παραγωγής ενέργειας. Αν και είναι λιγότερο πιθανό να θεωρηθεί σημαντική η επίδραση της άσκησης με αντιστάσεις στην απώλεια βάρους, στην πραγματικότητα παρέχει αρκετές διαδικασίες για την κατανάλωση ενέργειας. Αυτές περιλαμβάνουν την αερόβια και την αναερόβια ενέργεια κατά τη διάρκεια της άσκησης, την ενέργεια για τον αναερόβιο μεταβολισμό της μυϊκής προσπάθειας και τις καρδιο-αναπνευστικές, θερμικές, ορμονικές και ιοντικές προσαρμογές του οργανισμού κατά την αποκατάσταση (EPOC- Excess Post-Exercise Oxygen Consumption - περίσσεια οξυγόνου αποκατάστασης) και την ενέργεια για την αναδόμηση του μυϊκού ιστού κατά τη διάρκεια τουλάχιστον τριών ημερών μετά από μία προπόνηση δύναμης. Κατά συνέπεια, η αθροιστική δαπάνη ενέργειας που σχετίζεται με την άσκηση με αντιστάσεις είναι σημαντικά υψηλότερη από ότι γενικά αποδίδεται, ειδικά στην περίπτωση της κυκλικής προπόνησης με βάρη. [19,20]

Η άσκηση με αντιστάσεις, είναι μία μορφή σωματικής άσκησης που περιλαμβάνει τη γύμναση ενός μυ ή μιας μυϊκής ομάδας με εξωτερική αντίσταση και συμβάλλει στη διατήρηση και τη βελτίωση της μυϊκής επάρκειας. [16] Η αντίσταση μπορεί να είναι το βάρος του σώματος των ασκουμένων, ελεύθερα βάρη, βοηθητικά όργανα γυμναστικής, όπως οι ελαστικοί μάντες και οι ιατρικές μπάλες ή και να ρυθμίζεται από μηχανήματα με αντιστάσεις. Ανάλογα με το επίπεδο φυσικής κατάστασης των ασκουμένων, την εξοικείωσή τους με τις ασκήσεις που πρέπει να εκτελέσουν και τους προσωπικούς τους στόχους, γίνεται η επιλογή του τύπου της αντίστασης. [21]

Η άσκηση με αντιστάσεις επιφέρει πολλά θετικά αποτελέσματα στη σωματική και την ψυχική υγεία του ανθρώπου. Κάποια από αυτά είναι η αύξηση της μυϊκής μάζας και του βασικού μεταβολικού ρυθμού, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο εμφάνισης παχυσαρκίας, η μείωση του σωματικού λίπους, η μειωμένη αρτηριακή πίεση στην ηρεμία και η βελτίωση των λιπιδίων στο αίμα, που συνεπάγονται καλύτερη λειτουργία του καρδιαγγειακού συστήματος και η διατήρηση ή/και αύξηση της οστικής πυκνότητας, που αποτελεί μέτρο πρόληψης για την οστεοπόρωση. Ακόμα, αυξάνεται η ευαισθησία στην ινσουλίνη, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο εμφάνισης σακχαρώδη διαβήτη. Επιπρόσθετα, έχουν παρατηρηθεί λιγότερα συμπτώματα κατάθλιψης, αυξημένη αυτοεκτίμηση αλλά και βελτίωση στη γνωστική ικανότητα. [22]

Επιπλέον, η προπόνηση με αντιστάσεις στην τρίτη ηλικία βελτιώνει σημαντικά τη δύναμη μέσα σε ένα χρονικό διάστημα τριών με τεσσάρων μηνών. Όταν πάλι γίνεται άσκηση με αντιστάσεις για μεγάλο χρονικό διάστημα, παρατηρείται σε ένα μικρό βαθμό μυϊκή υπερτροφία, κάτι πολύ σημαντικό για τους ηλικιωμένους που χαρακτηρίζονται από σαρκοπενία και μυϊκή αδυναμία. Αυτοί οι παράγοντες συμβάλουν σε μία καλύτερη λειτουργικότητα των ηλικιωμένων και κατ' επέκταση στη συμμετοχή τους σε φυσικές δραστηριότητες. [23]

Βέβαια, όσον αφορά την προπόνηση ενδυνάμωσης που απευθύνεται σε άτομα τρίτης ηλικίας, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην ένταση και την αποκατάσταση. Συγκεκριμένα, συνίσταται η άσκηση με αντιστάσεις τουλάχιστον δύο φορές την εβδομάδα για 45-60 λεπτά και ξεκινώντας από το 70% της μίας μέγιστης επανάληψης (1 RM), αυξάνοντας προοδευτικά στο 85% της μίας μέγιστης επανάληψης. Η αποκατάσταση είναι πολύ σημαντική, καθώς χρειάζεται χρόνος για ανάληψη δυνάμεων και προσαρμογής του οργανισμού μετά από μία προπονητική μονάδα, έτσι ώστε να είναι το πρόγραμμα ενδυνάμωσης αποτελεσματικό. [24] Σε περίπτωση που οι ασκούμενοι έχουν υπέρταση, συνίσταται η ένταση των ασκήσεων με αντιστάσεις να είναι στην ένταση του 60% της μίας μέγιστης επανάληψης (1RM). Ακόμα, ασθενείς με κάποια καρδιοπάθεια, ανεξαρτήτου ηλικίας, πρέπει να προπονούνται σε μικρότερες εντάσεις. [25]

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η άσκηση που γίνεται τακτικά, είτε είναι αερόβια είτε άσκηση με αντιστάσεις, συμβάλει στην υγεία και την ποιότητα ζωής των ανθρώπων, ανεξαρτήτου ηλικίας. Πιο συγκεκριμένα για την τρίτη ηλικία, η αερόβια άσκηση φαίνεται να συμβάλει κυρίως στην αύξηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ( $VO_2 \max$ ) και στη βελτίωση της αντοχής σε υπομέγιστη ένταση. Η άσκηση με αντιστάσεις, πάλι, βελτιώνει σημαντικά τη μυϊκή δύναμη, τη μυϊκή μάζα και την ισορροπία των ηλικιωμένων. Ο συνδυασμός των δύο μορφών άσκησης φαίνεται να είναι ιδανικός, καθώς τα οφέλη, σωματικά και νοητικά, υπερτερούν ως σύνολο, αρκεί το πρόγραμμα άσκησης να είναι προσαρμοσμένο στις δυνατότητες των συμμετεχόντων. [26]

Οι Andersen et al (2015) συνέκριναν την επίδραση της προπόνησης με σταθερή αντίσταση που περιελάμβανε ελεύθερα βάρη, με αυτή της προπόνησης με μεταβλητή αντίσταση, που περιείχε ελεύθερα βάρη συνδεδεμένα με ελαστικούς μάντες, σε γυναίκες (20-44 ετών). Η παρέμβαση κράτησε δέκα εβδομάδες, με συχνότητα 2 φορές την εβδομάδα. Το πρόγραμμα άσκησης αποτελούνταν από δύο ασκήσεις, βαθύ κάθισμα και κάθισμα με προβολή μπροστά (split squats). Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι ανεξάρτητα με τη μορφή της αντίστασης, οι ασκούμενοι είχαν παρόμοια βελτίωση τόσο στη δύναμη κατά την κίνηση όσο και στην ισομετρική δύναμη. Η χρήση της μεταβλητής αντίστασης μπορεί, θεωρητικά, να παρέχει καλύτερο δυνατό ερέθισμα σε όλο το εύρος της κίνησης μίας άσκησης, με αυτό να συνεπάγεται καλύτερα αποτελέσματα στις προσαρμογές από την προπόνηση σε βάθος χρόνου. Παρόλα αυτά τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας δείχνουν

παρόμοια βελτίωση στη μέγιστη και εκρηκτική δύναμη κατά την έκταση των γονάτων, σε διάφορες γωνίες της άρθρωσης. [27]

Για τη δημιουργία ενός προγράμματος άσκησης με αντιστάσεις λαμβάνονται υπόψη τα στοιχεία επιβάρυνσης της άσκησης, όπως η ένταση, ο αριθμός των ασκήσεων, των επαναλήψεων αυτών και των σετ, η συχνότητα της προπόνησης αλλά και το διάλειμμα μεταξύ των σετ. [10] Ανάλογα με τους στόχους, τη φυσική κατάσταση και τις ανάγκες του κάθε ασκούμενου διαμορφώνεται και το πρόγραμμα άσκησης. Επίσης, είναι σημαντικό, να δίνεται έμφαση στη σωστή εκτέλεση της τεχνικής της κάθε άσκησης στην αρχή, ενώ το πρόγραμμα άσκησης πρέπει να ακολουθεί την αρχή της προοδευτικής αύξησης της επιβάρυνσης, αυξάνοντας πρώτα τον αριθμό των επαναλήψεων στις ασκήσεις, έπειτα τα σετ σε κάθε άσκηση, τις ασκήσεις της προπονητικής μονάδας και στο τέλος την ένταση. [9]

Υπάρχουν διάφορες μορφές οργάνωσης της άσκησης για μυϊκή ενδυνάμωση. Μία από αυτές είναι και η κυκλική προπόνηση. Σε αυτή τη μορφή οργάνωσης εκτελούνται 4-14 ασκήσεις και εκτελείται ένα σετ σε κάθε άσκηση. Αφού τελειώσει το πρώτο σετ σε όλες τις ασκήσεις, ο κύκλος αυτός επαναλαμβάνεται. Ένα πλεονέκτημα της κυκλικής προπόνησης δύναμης είναι ότι ο ασκούμενος μπορεί να διατηρήσει και να βελτιώσει την αερόβια ικανότητα, τη μυϊκή δύναμη και αντοχή του, ενώ φαίνεται να επιβαρύνει το καρδιαγγειακό σύστημα σε παρόμοιο ή και μεγαλύτερο βαθμό σε σχέση με την αερόβια άσκηση, όπως το τρέξιμο σε διάδρομο γυμναστικής. Άλλα πλεονεκτήματα αυτής της οργανωτικής μορφής προπόνησης είναι η δυνατότητα της άσκησης αρκετών ατόμων παράλληλα αλλά και χρονικά είναι πιο οικονομική σε σχέση με την προπόνηση σε σταθμούς και σε ενότητες. [4, 9,10]

Οι Arenas et al (2013) κατέληξαν στο ίδιο συμπέρασμα με το παραπάνω, όσον αφορά το μικρότερο χρόνο δέσμευσης στην κυκλική προπόνηση δύναμης σε σχέση με την παραδοσιακή προπόνηση με βάρη. Παρατήρησαν, επίσης, ότι η υψηλής έντασης κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις σε υγιείς ηλικιωμένους ήταν το ίδιο αποτελεσματική με την παραδοσιακή άσκηση με βάρη υψηλής έντασης ως προς τη βελτίωση της μυϊκής απόδοσης, την οστική πυκνότητα και την άλιπη μάζα σώματος. Το πρωτόκολλο άσκησης κυκλικής προπόνησης φαίνεται ότι υπερτερεί ως προς τις προσαρμογές στο καρδιαγγειακό σύστημα και στη σύσταση του σώματος. Το πρόγραμμα παρέμβασης είχε διάρκεια 12 εβδομάδες, με συχνότητα 2 φορές/εβδομάδα και η ένταση της άσκησης ήταν στο 85-90% του 1 RM (6 επαναλήψεις). Τα δύο πρωτόκολλα διέφεραν ως προς το διάλειμμα μεταξύ των ασκήσεων και τη σειρά των ασκήσεων. [28]

Η κυκλική προπόνηση δύναμης, που χαρακτηρίζεται με μικρότερα φορτία και μικρότερα διαλείμματα μεταξύ των σετ, σε σύγκριση με την παραδοσιακή προπόνηση με βάρη [5], φαίνεται να προάγει τη βελτίωση της καρδιο-αναπνευστικής και της λειτουργικής ικανότητας, της μυϊκής



δύναμης και αντοχής, καθώς επίσης έχει θετική επίδραση στη σύσταση του σώματος. [29, 4] Στην παραδοσιακή μέθοδο προπόνησης με βάρη συμμετέχει περισσότερο ο αναερόβιος μεταβολισμός, σε σχέση με την κυκλική προπόνηση με βάρη, ενώ και οι δύο μέθοδοι προπόνησης παρουσιάζουν παρόμοια αποτελέσματα σε σχέση με την ενεργειακή κατανάλωση κατά τη διάρκεια και μετά την άσκηση. [29]

#### 4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο

##### Άσκηση και Διαχείριση του Σωματικού Βάρους

Η παχυσαρκία είναι μία χρόνια μεταβολική νόσος που χαρακτηρίζεται από αυξημένη αποθήκευση λίπους στον οργανισμό. Σχετίζεται με τη μειωμένη ικανότητα των σκελετικών μυών να οξειδώνουν τα λίπη [32] και συνδέεται με την εμφάνιση χρόνιων νοσημάτων, όπως ο διαβήτης τύπου II, καρδιαγγειακές παθήσεις και ορισμένες μορφές καρκίνου. [33,34] Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας περίπου 2 δισεκατομμύρια ενήλικοι παγκοσμίως είναι υπέρβαροι και περισσότερο από μισό δισεκατομμύριο αυτών παχύσαρκοι [35]. Στην αντιμετώπιση της παχυσαρκίας ουσιαστικό ρόλο διαδραματίζει η άσκηση.

Σύμφωνα με έρευνες, συστήνεται αερόβια άσκηση μέτριας έντασης, όπως το γρήγορο περπάτημα, για τουλάχιστον 150 λεπτά την εβδομάδα, καθώς έχει θετικές επιδράσεις στην υγεία των ασκούμενων, ανεξάρτητα από την απώλεια του βάρους, ενώ η άσκηση με αντιστάσεις συμβάλει στην αύξηση της μυϊκής μάζας, του βασικού μεταβολισμού και στην πρόληψη των πτώσεων. [33,36,9.] Η αερόβια προπόνηση συμβάλει στη μείωση του κοιλιακού σπλαχνικού λίπους και βελτιώνει την ευαισθησία στην ινσουλίνη, δεν υπάρχουν όμως αρκετές έρευνες για την επίδραση της άσκησης με αντιστάσεις. [37]

Όσον αφορά την ένταση της άσκησης, φαίνεται ότι αυτή επηρεάζει τη λιπόλυση των λιποκυττάρων, με την υψηλή σε ένταση άσκηση σε συνδυασμό με δίαιτα να υπερτερεί σε σχέση με τη μέτριας έντασης προπόνηση με δίαιτα ή τη μειωμένη θερμιδική κατανάλωση μεμονωμένα. [38] Η υψηλή σε ένταση αερόβια άσκηση μειώνει σημαντικά το ολικό κοιλιακό λίπος, το κοιλιακό υποδόριο λίπος και το κοιλιακό σπλαχνικό λίπος. [39,37] Σε άλλη μελέτη όμως υποστηρίζεται ότι η μέτριας έντασης άσκηση (40%-75% της  $VO_2$  peak ή 60%-90% της μέγιστης Καρδιακής Συχνότητας), που αντιστοιχεί στη μέγιστη οξείδωση των λιπών, επιφέρει βελτίωση στη σύσταση του σώματος και μειώνει τη συγκέντρωση των τριγλυκεριδίων. [40] Η λιπόλυση, όσον αφορά μετρήσεις της γλυκερόλης και της λιπώδους μάζας, σε υπομέγιστη δοκιμασία κόπωσης, φαίνεται να είναι μικρότερη στους παχύσαρκους σε σχέση με άτομα με φυσιολογικό βάρος, ανεξάρτητα από την ένταση της

άσκησης. Στην ίδια έρευνα, το πηλίκo ανταλλαγής αερίων (RER) βρέθηκε πιο χαμηλό στους παχύσαρκους, κάτι που συνεπάγεται μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας να προέρχεται από τα λίπη, κατά τη διάρκεια χαμηλής και μέτριας σε ένταση άσκησης. [41]

Η άσκηση, πάλι, με αντιστάσεις προκάλεσε παρόμοια αποτελέσματα στη λιπόλυση με την αερόβια άσκηση ενώ το RER ήταν μεγαλύτερο στους παχύσαρκους, κάτι που μπορεί ενδεχομένως να εξηγείται από το γεγονός ότι η αύξηση της ινσουλίνης μπορεί να αύξησε την πρόσληψη της γλυκόζης και του μεταβολισμού της, προκαλώντας έτσι μεγαλύτερη οξείδωση των υδατανθράκων ή την αδυναμία μεταβολισμού των λιπιδίων σε σύγκριση με τα άτομα φυσιολογικού βάρους (λόγω της αύξησης της ινσουλίνης). [42] Επιπρόσθετα, έχει παρατηρηθεί ότι ακόμα και η χαμηλότερη ένταση στην άσκηση με αντιστάσεις αυξάνει τη δαπάνη ενέργειας στην ηρεμία (REE) για αρκετές ώρες μετά την άσκηση. Στην ίδια έρευνα, φαίνεται ότι η υψηλής έντασης άσκηση με αντιστάσεις προκαλεί μικρότερο μεταβολικό στρες για τον οργανισμό, όσον αφορά τις μεταβολές στο γαλακτικό οξύ και την κορτιζόλη, σε σχέση με χαμηλή και μέτρια σε ένταση άσκησης. Η αύξηση του γαλακτικού οξέος στη χαμηλής-μέτριας έντασης άσκηση οφείλεται κυρίως σε μικρά διαλείμματα μεταξύ των ασκήσεων. Συγκεκριμένα, τα μεγαλύτερα διαλείμματα ίσως είναι καλύτερα ανεκτά σε μεγαλύτερες ηλικίες, καθώς υπάρχει χρόνος για να απομακρυνθεί το γαλακτικό οξύ και με τη μειωμένη συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος θα αργεί να επέλθει η μυϊκή κόπωση. Η αύξηση στο γαλακτικό οξύ πάλι, πιθανόν να συμβάλλει στην αύξηση της κορτιζόλης κατά την άσκηση με αντιστάσεις. Στο κινητικό σύστημα η κορτιζόλη προκαλεί απώλεια της μυϊκής μάζας, οπότε η άσκηση υψηλής έντασης με αντιστάσεις μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερο ερέθισμα για μυϊκή υπερτροφία. [43]

Σε έρευνα πάνω σε υπέρβαρες και παχύσαρκες προ-εμμηνοπαυσιακές γυναίκες με καθιστική ζωή, παρατηρήθηκε ότι η τακτική αερόβια άσκηση μέτριας έντασης βελτιώνει το μεταβολισμό της γλυκόζης και των λιπιδίων ακόμα και χωρίς την απώλεια βάρους σε σύγκριση με μικρή μείωση του βάρους από δίαιτα. [44] Η βελτίωση στην ανοχή στη γλυκόζη και τη συγκέντρωση τριγλυκεριδίων σχετίζεται σε ορισμένες έρευνες με τη συνολική απώλεια βάρους [45] Ο συνδυασμός, πάλι, αερόβιας και αναερόβιας άσκησης έχει μεγαλύτερη επίδραση στο μεταβολισμό των λιπιδίων και φαίνεται να είναι πιο αποτελεσματικός για τη διαχείριση του σωματικού βάρους, την πρόληψη αλλά και την αντιμετώπιση της παχυσαρκίας. [46]

Η ιδανική μορφή και ένταση της άσκησης για τα βέλτιστα δυνατά αποτελέσματα στο μεταβολισμό και την απώλεια βάρους για την αντιμετώπιση της παχυσαρκίας δεν είναι ακόμα ξεκάθαρη. [47] Συνολικά, λίγα στοιχεία αποδεικνύουν ότι μόνη της η προπόνηση με αντιστάσεις συμβάλλει στην απώλεια βάρους. Παρόλο που συνεισφέρει στη μείωση του σωματικού λίπους, η επίδραση στη συνολική απώλεια βάρους είναι μικρή. [46] Η ενεργειακή δαπάνη της φυσικής δραστηριότητας είναι η πιο μεταβλητή παράμετρος της συνολικής θερμιδικής απώλειας και η αύξηση

αυτής σε συνδυασμό με μία περιορισμένη θερμιδική πρόσληψη μπορεί να οδηγήσει σε αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο και αντίστοιχα σε απώλεια βάρους. [6]

## 5<sup>ο</sup> Κεφάλαιο

### Μέθοδοι Μέτρησης της Ενεργειακής Δαπάνης στην Άσκηση

Η ενεργειακή δαπάνη είναι το ποσό των θερμίδων που δαπανάται από το άτομο. Ένας άνθρωπος διατηρεί σταθερό το σωματικό του βάρος όταν η θερμιδική του πρόσληψη είναι ίση με τη θερμιδική του δαπάνη (ενεργειακό ισοζύγιο). Ο ανθρώπινος οργανισμός χρειάζεται ενέργεια για να λειτουργήσει (ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας - βασικός μεταβολισμός) που αποτελεί το 60-70% των ενεργειακών δαπανών ενός μέσου ατόμου, για τη θερμογενετική δράση της τροφής (5-10% των ενεργειακών αναγκών) και για τη φυσική δραστηριότητα (ενεργειακή δαπάνη κίνησης), που αποτελεί το 30% της ημερήσιας ενεργειακής απώλειας. Για παράδειγμα, αν μία μέση γυναίκα έχει ενεργειακή απώλεια 2.000 kcal την ημέρα, αυτό σημαίνει ότι περίπου 1.200 kcal δαπανώνται για τον βασικό μεταβολισμό, 600 kcal στη φυσική δραστηριότητα και 200 kcal για την τροφογενή θερμογένεση. [48]

Αναλυτικότερα για τον μεταβολισμό ηρεμίας, πρέπει να σημειωθεί ότι είναι σημαντικό να υπολογίζεται αυτή η παράμετρος για το σχεδιασμό ενός προγράμματος που έχει στόχο τον έλεγχο του σωματικού βάρους. Ο μεταβολισμός ηρεμίας εξαρτάται από το μέγεθος της επιφάνειας του σώματος. Τα μεγαλύτερα άτομα έχουν μεγαλύτερο μεταβολισμό ηρεμίας. Η σύσταση του σώματος επηρεάζει, επίσης, τον μεταβολισμό ηρεμίας, με τα άτομα με μεγαλύτερη μυϊκή μάζα και με μικρότερο ποσοστό λιπώδους ιστού έχουν μεγαλύτερες τιμές στην παράμετρο αυτή. Αυτό εξηγεί και το γεγονός ότι οι γυναίκες έχουν χαμηλότερο μεταβολισμό ηρεμίας σε σχέση με τους άνδρες. Ο μεταβολισμός ηρεμίας επηρεάζεται και από την άσκηση, καθώς αυξάνεται κατά τη διάρκεια της άσκησης και παραμένει αυξημένος και για ένα χρονικό διάστημα μετά το τέλος αυτής. [49]

Η ενεργειακή δαπάνη υπολογίζεται από την πρόσληψη οξυγόνου του ασκούμενου σε ένα χρονικό διάστημα, μέσω της έμμεσης θερμιδομετρίας. Στη συγκεκριμένη έρευνα χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος σπιρομετρίας ανοιχτού κυκλώματος, με αυτόματο εργοσπιρόμετρο. Στη διαδικασία αυτή το άτομο εισπνέει αέρα του περιβάλλοντος, ο οποίος έχει σταθερή σύνθεση σε οξυγόνο ( $O_2$ ), διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ), άζωτο και αδρανή αέρια. Η διαφορά στα ποσοστά του  $O_2$  και του  $CO_2$  στον εκπνεόμενο αέρα σε σχέση με τον εισπνεόμενο, έμμεσα αντανακλά τη διαδικασία παραγωγής ενέργειας. [49]

Κάποια από τα μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ότι οι αναλυτές αερίων βρίσκονται κοντά στο στόμα του εξεταζόμενου που φοράει μία μάσκα και αυξάνεται ο νεκρός χώρος, καθώς επίσης

είναι άβολο για τον ασκούμενο. Επίσης, ο εξοπλισμός είναι ακριβός και χρειάζεται και προσωπικό κατάλληλα εκπαιδευμένο για τη χρήση του. [50] Παρόλα αυτά, το αυτόματο εργοσπιρόμετρο επιτρέπει την παρακολούθηση των δεδομένων της ανάλυσης των αερίων στην οθόνη του υπολογιστή κατά τη διάρκεια της μέτρησης, ενώ υπάρχει η δυνατότητα μέτρησης και άλλων φυσιολογικών παραμέτρων, όπως για παράδειγμα η καρδιακή συχνότητα και η αρτηριακή πίεση. Επίσης, η φορητή συσκευή εργοσπιρόμετρου, βάρους περίπου μισού κιλού, προσαρμόζεται το σώμα του ασκούμενου και διευκολύνει τους συμμετέχοντες στην εκτέλεση διάφορων ασκήσεων. [49]

Η πρόσληψη  $O_2$  μετατρέπεται σε χυλιοθερμίδες (kcal). Η κατανάλωση ενός λίτρου  $O_2$  για την καύση των θρεπτικών συστατικών (υδατάνθρακες, λίπη, πρωτεΐνες), ισοδυναμεί με θερμική ενέργεια περίπου 4,82 kcal. Οι υδατάνθρακες, τα λίπη και οι πρωτεΐνες προσδίδουν ενέργεια στον οργανισμό όταν μεταβολιστούν και χαρακτηρίζονται από διαφορετική χημική σύσταση, με αυτό να συνεπάγεται ότι το κάθε θρεπτικό συστατικό απαιτεί διαφορετική ποσότητα  $O_2$  για την οξείδωσή του, καθώς επίσης παράγει και διαφορετικά ποσά  $CO_2$  κατά τη διάρκεια της καύσης. [49]

Το αναπνευστικό πηλίκο (Respiratory Quotient - RQ) παίρνει τιμές από 0,7 μέχρι και ~1,4. Όταν το πηλίκο ισούται με 0,7 αυτό σημαίνει ότι όλο το υπόστρωμα που οξειδώθηκε ήταν λίπος και όταν το πηλίκο είναι ίσο με 1 δηλώνει ότι αυξάνεται η συμμετοχή των υδατανθράκων, ενώ η τιμή 0,85 δείχνει ότι υπάρχει μία ισορροπία στην οξείδωση των δύο παραπάνω υποστρωμάτων. Αδυναμία του αναπνευστικού πηλίκου είναι ότι δεν μπορεί να εκτιμηθεί η συμμετοχή των πρωτεϊνών. Σε συνθήκες που η μυϊκή προσπάθεια είναι έντονη, όπως στην έντονη αναερόβια δραστηριότητα, οι τιμές του RQ είναι συνήθως μεγαλύτερες της μονάδας και δεν μπορούν να αποδοθούν στην οξείδωση των τροφών. [51]

Η εκτίμηση της ενεργειακής δαπάνης κατά τη διάρκεια της άσκησης, λοιπόν, έχει μελετηθεί κυρίως μετρώντας την πρόσληψη οξυγόνου ( $VO_2$ ). Οι μετρήσει όμως της  $VO_2$  αντικατοπτρίζουν μόνο ένα μέρος της συνολικής ενεργειακής απαίτησης.[8] Η ενεργειακή κατανάλωση στην προπόνηση με βάρη στις εντάσεις που συνήθως γίνεται, είναι κυρίως αναερόβια. Επιπρόσθετα, οι εκτιμήσεις για την αναερόβια κατανάλωση ενέργειας διαφέρουν στις έρευνες ανάλογα με τη μέθοδο που χρησιμοποιείται [8] Σύμφωνα με τους Benito et al (2016), ακόμα και η μικρή συνεισφορά της αναερόβιας ενεργειακής κατανάλωσης, σε περίπτωση που δε ληφθεί υπόψη, οδηγεί σε υποεκτίμηση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης κατά τη διάρκεια της κυκλικής προπόνησης με βάρη, ανεξάρτητα με τις επιλεγμένες ασκήσεις (μηχανήματα, ελεύθερα βάρη ή συνδυασμός ασκήσεων με αντιστάσεις και τρέξιμο). [7]

Οι Scott et al (2009), εξέτασαν την ενεργειακή δαπάνη πριν, κατά τη διάρκεια και μετά τις πιέσεις σε πάγκο. Οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν εννιά συνεδρίες, με 7, 14 και 21 επαναλήψεις, στο 50% του 1

RM. Στη μελέτη αυτή τονίζεται ότι η αναερόβια ενεργειακή δαπάνη δεν μπορεί να προσδιοριστεί μόνο με τη μέτρηση της κατανάλωσης οξυγόνου, καθώς οι μετρήσεις που λαμβάνουν υπόψη το οξυγόνο σε έντονη προπόνηση με βάρη, απεικονίζουν μία παραπλανητική εκτίμηση της πραγματικής ενεργειακής δαπάνης της άσκησης με αντιστάσεις. Η ενεργειακή κατανάλωση στην έρευνα αυτή για τις πιέσεις σε πάγκου είναι μία απεικόνιση της πρόσληψης οξυγόνου κατά τη διάρκεια της άσκησης, του γαλακτικού οξέος που παράχθηκε λόγω αυτής, και του EPOC. Επίσης, φαίνεται ότι η αναερόβια ενεργειακή δαπάνη συνεισφέρει σημαντικά στην ενεργειακή δαπάνη κατά την άσκηση σε όλες τις άρσεις, κάτι που έρχεται σε συμφωνία και με τους Benito et al (2016). [52]

Στην ίδια έρευνα τονίζεται ότι η μέτρηση της κατανάλωσης οξυγόνου για την εκτίμηση της ενεργειακής δαπάνης πρέπει να χρησιμοποιείται στην αερόβια άσκηση, εύκολης προς μέτριας έντασης, που γίνεται υπό σταθερές συνθήκες και η ενεργειακή απόδοση είναι ανάλογη με την ενεργειακή κατανάλωση. Αντίθετα, κατά τη διάρκεια σύντομης και έντονης άσκησης, στην κατανάλωση οξυγόνου μπορεί να μην επικρατεί σταθερή κατάσταση και να μην αυξηθεί αυτή αναλογικά με το έργο. Επιπλέον, η ενεργειακή δαπάνη της μυϊκής δύναμης και ισχύς προκύπτει από μεταβολικές διαδικασίες που δε σχετίζονται με το οξυγόνο, οπότε η μέτρηση μόνο της κατανάλωσης οξυγόνου υποεκτιμά την πραγματική ενεργειακή δαπάνη της άσκησης με βάρη. Αυτό κατ' επέκταση μπορεί να δημιουργήσει λάθη στον υπολογισμό του μεταβολικού κόστους διάφορων φυσικών δραστηριοτήτων. [52]

Οι Vezina et al (2014) σύγκριναν δύο διαφορετικές μεθόδους μέτρησης της ενεργειακής δαπάνης, σε 4 ασκήσεις δύναμης (κάμψεις, κοιλιακούς, έλξεις και προβολές). Με την παραδοσιακή μέθοδο υπολόγισαν το μέσο όρο της πρόσληψης οξυγόνου κατά τη διάρκεια της άσκησης και με την άλλη μέθοδο μέτρησαν την πρόσληψη οξυγόνου κατά την περίοδο της αποκατάστασης. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η παραδοσιακή μέθοδος υπολογισμού της ενεργειακής δαπάνης μπορεί να υποεκτιμήσει την πραγματική ενεργειακή δαπάνη των αναερόβιων ασκήσεων, καθώς με τη μέθοδο αυτή οι ασκήσεις θεωρήθηκαν ως μέτριας έντασης, σύμφωνα με τα αντίστοιχα μεταβολικά ισοδύναμα (3-6 METs), ενώ με τη μέθοδο μέτρησης της  $VO_2$  κατά την αποκατάσταση και οι 4 ασκήσεις είχαν μεγαλύτερες τιμές για την ενεργειακή κατανάλωση και τρεις από αυτές (κάμψεις, προβολές και έλξεις) κατηγοριοποιήθηκαν ως μεγάλης έντασης, (>6METs). Τα παραπάνω ευρήματα είναι σημαντικά, καθώς για τη δημιουργία ενός προγράμματος άσκησης η ένταση των ασκήσεων είναι βασική παράμετρος και το γεγονός ότι ασκήσεις δύναμης θεωρούνται, λανθασμένα, μέτριας και όχι έντονης έντασης, μπορεί να οδηγήσει σε σφάλματα άλλων παραμέτρων, όπως η διάρκεια των διαλειμμάτων μεταξύ των ασκήσεων και η περίοδος αποκατάστασης μεταξύ των συνεδριών. [53]

## 6<sup>ο</sup> Κεφάλαιο

### Παράγοντες Προσδιορισμού Έντασης της Άσκησης

Ένας σημαντικός παράγοντας που σχετίζεται με την κυκλική προπόνηση με βάρη είναι ο έλεγχος της έντασης. Σε έρευνα των Aniceto et al (2015), δέκα νεαροί άνδρες με προπονητική εμπειρία στην άσκηση με βάρη, εκτέλεσαν ένα πρόγραμμα κυκλικής προπόνησης με αντιστάσεις και ένα πρόγραμμα άσκησης με βάρη που αποτελούνταν από πολλά σετ (control). Στα δύο αυτά πρωτόκολλα, οι ασκήσεις ήταν 8 σε αριθμό ( πιέσεις πάγκου, πιέσεις ποδιών σε 45 μοίρες, κωπηλατική, κάμψεις γονάτων, εκτάσεις αγκώνων, εκτάσεις γονάτων, κάμψεις αγκώνων και άσκηση προσαγωγών σε μηχάνημα), με ένταση στο 60% του 1 RM, με 24 σταθμούς (3 κύκλοι) ή 24 σετ (3σετ/άσκηση), 10 επαναλήψεις, ρυθμό εκτέλεσης ένα δευτερόλεπτο στη σύγκεντρη και έκκεντρη φάση της μυϊκής σύσπασης και ένα λεπτό διάλειμμα μεταξύ των σετ και της άσκησης. [54]

Για την εκτίμηση της προσπάθειας κατά την κυκλική προπόνηση με βάρη έγιναν μετρήσεις για τους ασκούμενους μύες με την κλίμακα υποκειμενικής αξιολόγησης του αισθήματος της κόπωσης (RPE-AM - Rating of Perceived Exertion in Active Muscles), καθώς και μετρήσεις για το γαλακτικό οξύ. Έγινε ανάλυση συσχέτισης για να εξεταστεί η σχέση μεταξύ της κλίμακας του αισθήματος της κόπωσης και της συγκέντρωσης του γαλακτικού οξέος κατά τη διάρκεια της άσκησης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι δύο αυτές παράμετροι σχετίζονται μεταξύ τους και στις δύο μεθόδους προπόνησης με αντιστάσεις, με θετική συσχέτιση, που δείχνει ότι όσο μεγαλύτερη είναι η κόπωση που νιώθει ο ασκούμενος, τόσο μεγαλύτερη είναι και η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος. Η μέθοδος αυτή, λοιπόν, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τέτοιον πληθυσμό για τον έλεγχο της έντασης μίας προσπάθειας, λαμβάνοντας υπόψη παραμέτρους όπως το έργο, το διάλειμμα και την ταχύτητα της μυϊκής σύσπασης, χωρίς να χρειάζονται δοκιμασίες μέγιστης και υπομέγιστης δύναμης. [54]

Άλλη μία παράμετρος προσδιορισμού της έντασης της άσκησης είναι το γαλακτικό οξύ. Κατά την αναερόβια γλυκόλυση, η γλυκόζη αποδομείται σε πυροσταφυλικό και αυτό σε πολύ έντονες προσπάθειες ανάγεται σε γαλακτικό οξύ. Η τιμή ηρεμίας για το γαλακτικό οξύ κυμαίνεται γύρω στο 1 mM, ενώ μετά από ενός λεπτού έντονης άσκησης μπορεί να φτάσει και τα 20 mM. Επίσης, υπάρχουν ορισμένοι παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος κατά την άσκηση, όπως η ένταση, η διάρκεια, η κληρονομικότητα (ποσοστό μυϊκών ινών τύπου ΙΑ και ΙΒ), η διατροφή, η προπονητική κατάσταση και η ηλικία. Κατά την έντονη άσκηση, η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος είναι αυξημένη. Αντίθετα, όταν η ένταση της άσκησης είναι χαμηλή, η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος δε μεταβάλλεται. Όσον αφορά τη διάρκεια, η χαμηλή σε ένταση άσκηση με μεγάλη χρονική διάρκεια δεν επηρεάζει ιδιαίτερα τη συγκέντρωση του ΓΟ. [55]

Μία παράμετρος ακόμη που μπορεί να εκτιμηθεί μέσω της εργοσπιρομετρίας είναι το μεταβολικό ισοδύναμο MET (Metabolic Equivalent) και χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση της έντασης μίας μυϊκής δραστηριότητας. Ένα MET αντιστοιχεί στην πρόσληψη 3,5 mL/kg/min ή σε 1 kcal ανά κιλό σωματικού βάρους την ώρα και αντιπροσωπεύει το ενεργειακό κόστος ηρεμίας. Μία μυϊκή δραστηριότητα 2 MET συνεπάγεται διπλάσια ενεργειακή δαπάνη σε σχέση με εκείνη που δαπανάται σε κατάσταση ηρεμίας. Δραστηριότητες που αξιολογούνται με ένταση < 3 METs ταξινομούνται ως ήπιες, 3-6 METs ως μέτριας έντασης και > 6 METs έντονες. [56,57]

## 7<sup>ο</sup> Κεφάλαιο

### Η Ενεργειακή Δαπάνη στην Προπόνηση με Αντιστάσεις

Οι Benito et al (2016) μελέτησαν την πρόσληψη οξυγόνου και τη συνολική ενεργειακή δαπάνη, μετρώντας την αναερόβια και την αναερόβια συμμετοχή στην κατανάλωση ενέργειας, σε τρία διαφορετικά πρωτόκολλα κυκλικής προπόνησης δύναμης. Τα πρωτόκολλα αυτά χαρακτηρίζονταν από ίδια διάρκεια, με το πρώτο να συμπεριλαμβάνει ασκήσεις με ελεύθερα βάρη, το δεύτερο ασκήσεις σε μηχανήματα και το τρίτο έναν συνδυασμό με ελεύθερα βάρη και αερόβια άσκηση μεταξύ των ασκήσεων. Αναλυτικότερα, τα πρωτόκολλα άσκησης αποτελούνταν από τρία σετ των 8 ασκήσεων και διάρκεια 45 λεπτά με 15 δευτερόλεπτα διάλειμμα μεταξύ των ασκήσεων και η ένταση ήταν υπομέγιστη, στο 70% των 15 μέγιστων επαναλήψεων. [7]

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, η μεγαλύτερη κατανάλωση οξυγόνου παρατηρήθηκε στο πρωτόκολλο άσκησης που συνδύαζε ασκήσεις με ελεύθερα βάρη με παρεμβαλλόμενη αερόβια άσκηση (29.9±3.6 ml/kg/min). Ακόμα, το πρωτόκολλο αυτό παρουσίασε τη μεγαλύτερη συνολική ενεργειακή δαπάνη, τη μικρότερη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος (2.3%) σε σχέση με τα πρωτόκολλα με τα μηχανήματα (6.2%) και τα ελεύθερα βάρη (4.6%) και τη μικρότερη αισθητή κόπωση. Μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων άσκησης με βάρη, φαίνεται ότι αυτό με τα ελεύθερα βάρη παρουσίασε μεγαλύτερες τιμές στην πρόσληψη οξυγόνου (24.2±2.8 ml/kg/min) από αυτό με τις ασκήσεις σε μηχανήματα (20.4±2.9 ml/kg/min), καθώς επίσης και μεγαλύτερη συνολική (το άθροισμα της αερόβιας και αναερόβιας ενεργειακής δαπάνης και το EPOC) και αερόβια ενεργειακή δαπάνη, πιθανώς λόγω της συμμετοχής των σταθεροποιών μυών στα ελεύθερα βάρη. Η αναερόβια ενεργειακή δαπάνη και στις τρεις περιπτώσεις κυμαίνεται από 1.9% σε 7.1% κατά τη διάρκεια της κυκλικής προπόνησης δύναμης. Ακόμα όμως και αυτή η μικρή συμμετοχή είναι απαραίτητη για τη σωστή και ακριβή μέτρηση της συνολικής ενεργειακής δαπάνης. [7]

Ο Vezina (2011) μέτρησε την ενεργειακή κατανάλωση σε 4 ασκήσεις με αντιστάσεις, κάμψεις, έλξεις, κοιλιακούς και προβολές σε νεαρούς άνδρες μέσω της έμμεσης θερμοδομετρίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ένα μοναδικό σετ από οποιαδήποτε από τις παραπάνω ασκήσεις χαρακτηρίζεται ως μέτριας έντασης δραστηριότητα. Συγκεκριμένα οι τιμές για την πρόσληψη οξυγόνου και το μεταβολικό ισοδύναμο ήταν για τις κάμψεις  $11.57 \pm 1.99$  ml/kg/min και 3.31 METs, για τους κοιλιακούς  $10.99 \pm 1.48$  ml/kg/min και 3.14 METs, για τις έλξεις  $10.87 \pm 2.51$  ml/kg/min και 3.11 METs και για τις προβολές  $14.18 \pm 1.78$  ml/kg/min και 4.05 METs. Για την ολοκληρωμένη εκτίμηση της συνολικής ενεργειακής δαπάνης, μία πρόταση της έρευνας είναι η μέτρηση της πρόσληψης οξυγόνου μετά την άσκηση, κατά την αποκατάσταση, καθώς η άσκηση με αντιστάσεις προκαλεί μεγαλύτερο χρέος οξυγόνου και κατ' επέκταση η περίοδος αποκατάστασης θα είναι μεγαλύτερης διάρκειας σε σχέση με ίδιας έντασης αερόβια προπόνηση. [58] Αυτό έρχεται σε συμφωνία με τους Benito et al (2016) που υποστηρίζουν ότι αν δεν υπολογιστεί η αναερόβια δαπάνη ενέργειας σε άσκηση με αντιστάσεις, η συνολική ενεργειακή κατανάλωση υποεκτιμάται. [7]

Οι Ratamess et al (2015) σύγκριναν τρία πρωτόκολλα άσκησης δύναμης, με ελεύθερα βάρη, με το βάρος του σώματος και με σχοινί battle rope, ως προς την κατανάλωση οξυγόνου και την ενεργειακή δαπάνη. Το πρωτόκολλο με τα ελεύθερα βάρη συμπεριλάμβανε 7 ασκήσεις, 3 σετ με 10 επαναλήψεις και ένταση στο 75% της μίας μέγιστης επανάληψης. Το πρωτόκολλο με το βάρος του σώματος περιείχε κάμψεις και κάμψεις σε BOSU με 3 σετ με 20 επαναλήψεις, καθώς επίσης την άσκηση burpee (βαθύ κάθισμα-θέση για κάμψεις με λάκτισμα ποδιών προς τα πίσω- εκτέλεση κάμψης-επιστροφή σε βαθύ κάθισμα- όρθια θέση και αναπήδηση) και κάμψεις με πλάγια μετακίνηση στα τέσσερα άκρα, 3 σετ με 10 επαναλήψεις και άσκηση "σανίδα", 3 σετ με διάρκεια 30 δευτερολέπτων. Στο πρωτόκολλο με το battle rope, τα σετ ήταν επίσης 3 και οι περίοδοι ήταν 30 δευτερόλεπτα. Το διάλειμμα μεταξύ των σετ σε όλες τις ασκήσεις ήταν 2 λεπτά. [59]

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, οι ασκήσεις με τα ελεύθερα βάρη που ενεργοποιούν μεγάλες μυϊκές ομάδες, όπως τα βαθιά καθίσματα, η άρση θανάτου και οι προβολές παράγουν μεγάλη ενεργειακή δαπάνη (κατά μέσο όρο 7.2-8.2 kcal/min) σε συνδυασμό με 3 σετ των 10 επαναλήψεων, με ένταση στο 75% του 1 RM και διάλειμμα ανάμεσα στα σετ τα 2 λεπτά. Η άσκηση με τη μεγαλύτερη μεταβολική απόκριση ήταν η κυκλική προπόνηση με το battle rope (περίπου στο 51% της  $VO_{2max}$ ) σε σύγκριση με όλες τις υπόλοιπες ασκήσεις. Επίσης, χαμηλής έντασης ασκήσεις όπως το burpee με το βάρος του σώματος, καθώς και η κυκλική προπόνηση με το battle rope προκάλεσαν μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση (9.6-10.3 kcal/min), ενώ η άσκηση "σανίδα" προκάλεσε τη μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση. Οι κάμψεις στο πάτωμα σε σύγκριση με τις κάμψεις σε μπάλα BOSU είχαν παρόμοιες μεταβολικές απαντήσεις. [59]



Σε μελέτη των Paoli et al (2012), αναφέρεται ότι η υψηλής έντασης διαλειμματική άσκηση με αντιστάσεις αυξάνει την περίσσεια οξυγόνου αποκατάστασης (EPOC) σε μεγαλύτερη έκταση από την παραδοσιακή προπόνηση με βάρη. Το πρωτόκολλο διαλειμματικής άσκησης με βάρη, με υψηλή ένταση, περιείχε 3 ασκήσεις, με 6 επαναλήψεις, 20 δευτερόλεπτα διάλειμμα, ακολουθούσαν λιγότερες επαναλήψεις (τα 2/3) με το ίδιο διάλειμμα και έπειτα πάλι 2/3 των επαναλήψεων με διάλειμμα 2,5 λεπτών μεταξύ των σετ. Τα σετ ήταν συνολικά 7. Η παραδοσιακή προπόνηση με βάρη αποτελούνταν από 8 ασκήσεις, 4 σετ με 8-12 επαναλήψεις και διάλειμμα 1-2 λεπτά και σύνολο σετ 32. Επιπλέον, το πρωτόκολλο διαλειμματικής άσκησης με υψηλή ένταση, φαίνεται να απαιτεί μικρότερη δέσμευση χρόνου σε σχέση με το άλλο πρωτόκολλο, γεγονός σημαντικό για την παρακίνηση των ασκούμενων, ενώ αυξάνει την ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας (Respiratory Exchange Ratio - REE) μετά την άσκηση σε μεγαλύτερο βαθμό και μπορεί να μειώσει το αναπνευστικό πηλίκο (RQ) και κατ' επέκταση την οξείδωση των λιπών. [60]

Σε άλλη έρευνα αναφέρεται ότι η συνεχόμενη λειτουργική προπόνηση με αντιστάσεις προκαλεί μεγαλύτερη κατανάλωση οξυγόνου και ενεργειακή δαπάνη σε σχέση με την κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις. Η λειτουργική προπόνηση συμπεριλαμβάνει κινήσεις και δραστηριότητες της καθημερινής ζωής, όπως η μεταφορά βάρους και οι αλλαγές από καθιστή σε όρθια θέση. Επίσης, δίνεται έμφαση στη νευρομυϊκή συναρμογή, στη στάση του σώματος, στην τεχνική και στην ενεργοποίηση των μυών του κορμού κατά την εκτέλεση των ασκήσεων με αντιστάσεις. Στο συγκεκριμένο πρωτόκολλο άσκησης, οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν ασκήσεις για όλο το σώμα, με πιέσεις, έλξεις, απαγωγές και προσαγωγές για τα άνω άκρα και προβολές, άλματα και ανέβασμα σκαλιών για τα κάτω άκρα. Στην ίδια έρευνα αναφέρονται και άλλες μελέτες που υποστηρίζουν ότι η κυκλική προπόνηση με βάρη μπορεί να βελτιώσει την μυϊκή επάρκεια αλλά δε συμβάλει ιδιαίτερα στη βελτίωση της αερόβιας ικανότητας. [61]

Στην παρούσα εργασία, ένα από τα βασικά ερευνητικά ερωτήματα είναι ποιο πρωτόκολλο κυκλικής άσκησης με βάρη υπερτερεί ως προς την ενεργειακή κατανάλωση. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η άσκηση με τα ελεύθερα βάρη παρουσιάζει μεγαλύτερη ενεργειακή δαπάνη. Υπάρχουν, βέβαια, πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την παράμετρο αυτή αλλά τα προγράμματα άσκησης στην έρευνα αυτή έχουν την ίδια διάρκεια, ένταση και πυκνότητα.

## 8<sup>ο</sup> Κεφάλαιο

### Παράγοντες που επηρεάζουν την Ενεργειακή Δαπάνη

Όσον αφορά τη μεταβολική απόκριση στην προπόνηση με αντιστάσεις, έχει βρεθεί ότι αυξάνεται η πρόσληψη οξυγόνου και η ενεργειακή δαπάνη, που αποτελεί σημαντικό παράγοντα ιδιαίτερα σε προγράμματα άσκησης με στόχο τον έλεγχο και τη μείωση του βάρους. [62,29] Έχει, επίσης, παρατηρηθεί ότι ακόμα και η χαμηλότερη ένταση στην άσκηση με αντιστάσεις αυξάνει τη δαπάνη ενέργειας στην ηρεμία για αρκετές ώρες μετά την άσκηση. [62] Η άσκηση με βάρη, ανεξάρτητα από την ένταση, την ποσότητα και τα διαλείμματα, οδηγεί σε σημαντική αύξηση ενεργειακής δαπάνης ηρεμίας [8], ενώ άλλες έρευνες υποστηρίζουν πως η μέγιστη ενεργειακή δαπάνη στην προπόνηση με αντιστάσεις επιτυγχάνεται με διαλείμματα μικρότερα του ενός λεπτού ανάμεσα στα σετ. [63]

Σχετικά με τις οξείες μεταβολικές απαιτήσεις στην άσκηση με αντιστάσεις, φαίνεται ότι η μεγαλύτερη αύξηση στην πρόσληψη οξυγόνου και στην ενεργειακή κατανάλωση οφείλεται σε παραμέτρους όπως η μυϊκή μάζα, η ταχύτητα κίνησης, ο αριθμός των σετ και των επαναλήψεων, το φορτίο, ο όγκος προπόνησης και τα διαλείμματα μεταξύ των σετ. [6,8]. Συγκεκριμένα, οι ασκήσεις που συμπεριλαμβάνουν μεγάλες μυϊκές ομάδες προκαλούν σημαντικά μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση. Επιπρόσθετα, στους άνδρες η ενεργειακή κατανάλωση είναι μεγαλύτερη από αυτή των γυναικών κατά την εκτέλεση παρόμοιων πρωτόκολλων άσκησης με αντιστάσεις και αυτό οφείλεται στη μεγαλύτερη άλιπη μάζα σώματος των αντρών σε σχέση με των γυναικών. [6] Είναι σημαντικό, λοιπόν, να σχεδιάζονται προγράμματα άσκησης ξεχωριστά για τα δύο φύλα, καθώς διαφέρουν ως προς τις επιδράσεις που έχει η άσκηση. [1] Επιπλέον, φαίνεται ότι οι ασκήσεις με ελεύθερα βάρη παρουσιάζουν μεγαλύτερη συνολική ενεργειακή δαπάνη σε σχέση με ασκήσεις με μηχανήματα. [7,64]

Η μεταβλητή που επηρεάζει περισσότερο την ενεργειακή δαπάνη κατά τη διάρκεια της άσκησης με αντιστάσεις είναι ο όγκος προπόνησης, ενώ η ένταση έχει τη μεγαλύτερη επίδραση στην περίσσεια οξυγόνου της αποκατάστασης (EPOC) [6] Μετά από μία συνεδρία προπόνησης με αντιστάσεις, το  $VO_2$  δεν επιστρέφει στις τιμές ηρεμίας αμέσως, η ενεργειακή δαπάνη παραμένει υψηλότερη από τον βασικό μεταβολισμό για μικρό χρονικό διάστημα. Αυτή η επιπλέον ενεργειακή απαίτηση κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης είναι το EPOC [65] Πρέπει να σημειωθεί, επίσης, ότι ανάλογα με τις ασκήσεις, την ένταση και τη συχνότητα της προπόνησης, η συνολική ενέργεια που δαπανήθηκε κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης, μπορεί να είναι σημαντικός παράγοντας στην αύξηση της συνολικής ενεργειακής δαπάνης, και κατ' επέκταση μπορεί να βοηθήσει στη διαχείριση και μείωση του βάρους. [6]

Οι Vianna et al (2014) μελέτησαν την κινητική του  $VO_2$  και της ΚΣ κατά την περίοδο της αποκατάστασης, σε διάφορους τύπους άσκησης με αντιστάσεις. Οι συμμετέχοντες στην έρευνα αυτή,

εκτέλεσαν έναν μέγιστο αριθμό επαναλήψεων στο 80% του 1 RM για τις ασκήσεις: καθίσματα, πιέσεις σε πάγκο, εμπρόσθια έλξη τροχαλίας και εκτάσεις αγκώνων σε τροχαλία. Ανάμεσα στις ασκήσεις έκαναν διάλειμμα για ένα λεπτό. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης, φαίνεται ότι ο ρυθμός μείωσης της  $VO_2$  κατά την αποκατάσταση ήταν παρόμοιος στις διάφορες ασκήσεις, ανεξάρτητα από το μέγεθος της μυϊκής μάζας, τα μηχανήματα ή τα ελεύθερα βάρη και την άσκηση σε άνω ή κάτω άκρα. Αντίθετα, η κινητική της καρδιακής συχνότητας ήταν πιο αργή στις ασκήσεις που συμπεριελάμβαναν περισσότερη μυϊκή μάζα. Επίσης, ο τύπος της άσκησης φαίνεται να επηρεάζει το EPOC, καθώς στα καθίσματα η παράμετρος αυτή είχε υψηλότερες τιμές σε σχέση με τις πιέσεις πάγκου και τις εκτάσεις αγκώνων. [65]

Οι Balachandran et al (2016) παρατήρησαν ότι η άσκηση με αντίσταση από όρθια θέση (standing cable) και η άσκηση με μηχανήματα από καθιστή θέση, βελτίωσαν τη σωματική απόδοση και τη λειτουργικότητα σε ηλικιωμένους, χωρίς να υπερτερεί η μία μορφή άσκησης της άλλης σημαντικά. Το πρόγραμμα άσκησης είχε διάρκεια 12 εβδομάδες και η συχνότητα της προπόνησης ήταν 2 φορές την εβδομάδα. Οι ασκήσεις συμπεριελάμβαναν μεγάλες μυϊκές ομάδες, η ένταση ήταν μέτρια προς έντονη και οι ασκούμενοι εκτελούσαν 3 σετ των 12 επαναλήψεων, με διάλειμμα 1-2 λεπτά ανάμεσα στα σετ. Για ορισμένες βασικές δραστηριότητες της καθημερινότητας, όπως το να σηκωθεί κάποιος από την καρέκλα ή όταν χρειάζεται δύναμη σε περιστροφικές κινήσεις, οι ασκήσεις που εκτελούνται σε ελεύθερη μορφή, όπως αυτές από την όρθια θέση με ελεύθερα βάρη και αντιστάσεις, συνίσταται να συμπληρώνουν την προπόνηση που γίνεται στα σταθερά μηχανήματα, για την καλύτερη εκτέλεση των παραπάνω καθημερινών κινήσεων. [66]

Σύμφωνα με τους Mookerjee et al (2015), που μελέτησαν την ενεργειακή κατανάλωση σε δύο πρωτόκολλα άσκησης με αντιστάσεις, με ένα και τρία σετ αντίστοιχα, παρατήρησαν ότι η ενεργειακή κατανάλωση και οι καρδιο-αναπνευστικές απαιτήσεις ήταν μεγαλύτερες στο πρωτόκολλο με τα περισσότερα σετ, όταν ο αριθμός των ασκήσεων είναι ο ίδιος, ενώ ο ρυθμός ενεργειακής δαπάνης δεν επηρεάστηκε από τον όγκο της προπόνησης με αντιστάσεις. Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά της προπόνησης, η ένταση ήταν στο 70% της μίας μέγιστης επανάληψης (1 RM) και αποτελούνταν από 5 ασκήσεις που συμπεριελάμβαναν μύες του πάνω μέρους του σώματος. Επιπρόσθετα, φαίνεται ότι οι άνδρες είχαν σημαντικά υψηλότερη απόλυτη και σχετική ενεργειακή δαπάνη σε σχέση με τις γυναίκες και αυτές οι διαφορές παρέμειναν όταν η ενεργειακή κατανάλωση εκφράστηκε σε σχέση με την άλιπη μάζα σώματος. [67]

Σε άλλη έρευνα, μελετήθηκε η επίδραση της σειράς των ασκήσεων με αντιστάσεις στην κατανάλωση οξυγόνου και στην ενεργειακή δαπάνη. Οι ασκήσεις του προγράμματος άσκησης ήταν πιέσεις πάγκου, πιέσεις ώμων σε μηχανή και εκτάσεις αγκώνων με τροχαλία (άσκηση για τρικέφαλους μύες). Η παρέμβαση συμπεριελάμβανε 3 σετ για κάθε άσκηση, με διάλειμμα 3 λεπτών ανάμεσα στα

σεν και οι ασκήσεις εκτελούνταν μέχρι την κόπωση, με ένταση 10 RM. Εκτελέστηκαν 2 ακολουθίες των ασκήσεων με διαφορετική σειρά, στην πρώτη ακολουθία: πιέσεις σε πάγκο-πιέσεις ώμων-εκτάσεις αγκώνων με τροχαλία και στη δεύτερη η ανάποδη σειρά των ασκήσεων. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής έδειξαν ότι τόσο η πρόσληψη οξυγόνου όσο και η ενεργειακή δαπάνη δεν επηρεάστηκαν από τη σειρά των ασκήσεων, ενώ μειώθηκε ο αριθμός των επαναλήψεων όταν οι πιέσεις σε πάγκο και οι εκτάσεις αγκώνων με τροχαλία εκτελέστηκαν στο τέλος της σειράς. Συμπερασματικά, λοιπόν, όταν ο στόχος της άσκησης είναι η απώλεια βάρους, η σειρά των ασκήσεων δε διαδραματίζει σημαντικό ρόλο. [68]

Οι Ratamess et al (2014) διαπίστωσαν ότι η οξεία κατανάλωση οξυγόνου κατά τη διάρκεια των πιέσεων σε πάγκο ήταν μεγαλύτερη όταν στη σειρά ήταν μετά τα καθίσματα. Αυτό το αποτέλεσμα έρχεται σε συμφωνία με άλλες έρευνες που υποστηρίζουν ότι οι ασκήσεις που περιλαμβάνουν μεγάλη μυϊκή μάζα πρέπει να προηγούνται των ασκήσεων που γυμνάζου μυϊκές ομάδες με μικρότερη μυϊκή μάζα, έτσι ώστε να αυξηθεί η μεταβολική απαίτηση της προπόνησης με αντιστάσεις. [69]

Μια άλλη παράμετρος στα προγράμματα άσκησης μυϊκής ενδυνάμωσης που επηρεάζει την ενεργειακή δαπάνη, είναι η ταχύτητα συστολής. Στην έρευνα των Mazzetti et al (2007), οι ασκούμενοι εκτέλεσαν βαθιά καθίσματα σε μηχανήμα (Plate Loaded Squat Machine). Ένα γκρουπ εκτέλεσε τις ασκήσεις με αργή συστολή (2 δευτερόλεπτα) ενώ το άλλο γκρουπ έκανε εκρηκτικές μειομετρικές συσπάσεις. Οι επαναλήψεις ήταν 8 και για τα δύο γκρουπ, τα σετ 4 και η επιβάρυνση ήταν στο 60% του 1 RM. Μελέτησαν ακόμα και ένα τρίτο πρωτόκολλο, με εκρηκτικές συστολές αλλά με μεγαλύτερη ένταση, στο 80% του 1RM, με 6 σετ και 4 επαναλήψεις. Για όλα τα πρωτόκολλα άσκησης, οι επαναλήψεις στις πλειομετρικές κινήσεις της άσκησης ήταν 2 δευτερόλεπτα, το διάλειμμα 90 δευτερόλεπτα, το εύρος κίνησης καθώς και το έργο (επαναλήψεις x σετ x επιβάρυνση) ήταν ίδια. Φαίνεται ότι οι εκρηκτικές συστολές σε συνδυασμό με μέτρια ένταση στις ασκήσεις, αυξάνουν την ενεργειακή δαπάνη κατά τη διάρκεια αλλά και μετά την άσκηση, κάτι που συμβάλει θετικά στη μείωση του βάρους. Για την ασφάλεια των ασκουμένων είναι σημαντικό οι εκρηκτικές κινήσεις να μη γίνονται με αναπήδηση. [68]

Οι Farinatti et al (2016) μελέτησαν την ενεργειακή κατανάλωση και τη χρήση του υποστρώματος, που αντανακλάται μέσα από το πηλίκo ανταλλαγής αερίων, κατά τη διάρκεια και μετά από την άσκηση που εκτελέστηκε σε μύες με μικρή και μεγάλη μυϊκή μάζα. Οι ασκούμενοι έκαναν πιέσεις ποδιών (μεγάλη μυϊκή μάζα) και προσαγωγές-απαγωγές χεριών (μικρή μυϊκή μάζα). Συγκεκριμένα εκτέλεσαν 5 σετ των 10 επαναλήψεων, με ένταση στο 15 RM και 1 λεπτό διάλειμμα μεταξύ των σετ. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, η αύξηση στην ενεργειακή κατανάλωση και την οξειδωση των λιπών κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης ήταν μεγαλύτερες μετά από αρκετά σετ με ασκήσεις που στρατολογούσαν μεγάλες μυϊκές μάζες. [70]

Σε άλλη έρευνα εξετάστηκε η επίδραση του διαλείμματος μεταξύ των σετ ως προς την κατανάλωση οξυγόνου κατά τη διάρκεια και κατά την αποκατάσταση της άσκησης με βάρη, σε ασκήσεις που συμμετείχαν μεγάλες και μικρές μυϊκές μάζες. Δέκα υγιείς άνδρες εκτέλεσαν 4 πρωτόκολλα άσκησης, που αποτελούνταν είτε από πιέσεις ποδιών σε μηχανήμα είτε από προσαγωγές-απαγωγές χεριών σε μηχανήμα. Έγιναν 5 σετ των 10 επαναλήψεων, με ένταση στο 15% του 1 RM και διάλειμμα μεταξύ των σετ 1 ή 3 λεπτά. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα μικρότερα διαλείμματα μεταξύ των σετ αύξησαν τη συσσωρευμένη κόπωση κατά τη διάρκεια των σετ μόνο στις πιέσεις ποδιών, καθώς και τη VO<sub>2</sub> στα πρώτα λεπτά του EPOC, ενώ δεν επηρέασαν τη συνολική κατανάλωση οξυγόνου και την ενεργειακή δαπάνη στις δύο ασκήσεις. Επομένως, ο ρόλος των διαλειμμάτων στην πρόληψη της γρήγορης κόπωσης φαίνεται να είναι πιο σημαντικός όταν μεγάλες μυϊκές ομάδες επιστρατεύονται. Τέλος, η άσκηση με αντιστάσεις που περιλαμβάνει μεγάλη μυϊκή μάζα προκαλεί μεγαλύτερη ενεργειακή δαπάνη, λόγω του μεγαλύτερου μεγέθους του EPOC. [71]

Από τα παραπάνω, λοιπόν, συνεπάγεται ότι σε περίπτωση που ο κύριος στόχος του προγράμματος άσκησης είναι η διαχείριση του βάρους, πρέπει να συστήνεται στους αρχάριους ασκούμενους να εκτελούν ασκήσεις που συμπεριλαμβάνουν μυϊκές ομάδες με μεγαλύτερη μυϊκή μάζα, ώστε να αυξήσουν την ενεργειακή δαπάνη. Επιπρόσθετα, να επιλέγουν μεγαλύτερα διαλείμματα μεταξύ των σετ, για να αποφύγουν τη γρήγορη κόπωση και για να αυξήσουν τον όγκο της προπόνησης. Σε περίπτωση άσκησης μικρών μυϊκών ομάδων, δε χρειάζεται να δίνεται έμφαση στη διάρκεια του διαλείμματος, αφού η επίδραση είναι μικρή όσον αφορά τη συσσώρευση της κόπωσης. [72]

Η διάρκεια των διαλειμμάτων ανάμεσα στα σετ και τις ασκήσεις φαίνεται να επηρεάζει τις οξειδωτικές μεταβολικές επιδράσεις και την επίδοση των ασκούμενων κατά την προπόνηση με αντιστάσεις. Τα μικρά διαλείμματα οδηγούν σε σημαντική μείωση της απόδοσης αλλά αποδίδουν σε μεγάλη μεταβολική απαίτηση, σε αντίθεση με τα διαλείμματα με μεγαλύτερη διάρκεια που έχουν το αποτέλεσμα μίας σταθερής απόδοσης αλλά αποδίδουν σε χαμηλή μεταβολική απαίτηση. Επιπρόσθετα, σύμφωνα με έρευνες, τα μικρότερης διάρκειας διαλείμματα είναι καλύτερα ανεκτά σε γυναίκες σε σχέση με τους άνδρες. Άλλη μία παράμετρος που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για τη διάρκεια του διαλείμματος είναι η VO<sub>2</sub>max, καθώς παρατηρήθηκε ότι τα άτομα με μεγαλύτερη VO<sub>2</sub>max διατηρούν την απόδοσή τους στις επαναλήψεις σε μεγαλύτερο βαθμό στα βαθιά καθίσματα όταν το διάλειμμα είναι μικρό σε διάρκεια. Αυτό σημαίνει ότι οι ασκούμενοι με καλή αερόβια ικανότητα δε χρειάζονται διαλείμματα με μεγάλη διάρκεια για να διατηρήσουν την απόδοσή τους στην άσκηση με αντιστάσεις που περιλαμβάνει τα κάτω άκρα. [70]

## Σκοπός

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να ερευνηθεί η ενεργειακή δαπάνη κατά την κυκλική προπόνηση άσκησης με αντιστάσεις σε δύο πρωτόκολλα άσκησης, με το βάρος του σώματος και ελεύθερα βάρη και με μηχανήματα. Για το σκοπό αυτό, θα γίνουν συγκρίσεις ως προς την κατανάλωση οξυγόνου, καθώς επίσης θα χρησιμοποιηθούν εξισώσεις που συνυπολογίζουν το φύλο, την καρδιακή συχνότητα, το σωματικό βάρος, την ηλικία και το χρόνο της άσκησης. Επιπρόσθετα, θα υπολογιστεί το ηλικίο ανταλλαγής αερίων, για την εκτίμηση των ενεργειακών υποστρωμάτων που οξειδώνονται για την παραγωγή ενέργειας, το γαλακτικό οξύ και τα METs για την εκτίμηση της έντασης της άσκησης. Τα αποτελέσματα της έρευνας μπορούν να συμβάλλουν στον καλύτερο σχεδιασμό προγραμμάτων άσκησης, ανάλογα με τους στόχους και τις ανάγκες των ασκούμενων.

## Υλικό και Μέθοδος

### 1. Δείγμα:

Στη μελέτη συμμετείχαν εθελοντικά 14 υγιείς φοιτητές και φοιτήτριες ΣΕΦΑΑ, ηλικίας 19-25 ετών.

### 2. Όργανα μέτρησης:

- Οι ανθρωπομετρικές μετρήσεις (ύψος, βάρος, ποσοστό σωματικού λίπους) έγιναν με δερματοπτυχόμετρο, και η μέτρηση της σωματικής σύστασης και της οστικής πυκνότητας με μηχανήμα DEXA.

- Η αξιολόγηση της πρόσληψης οξυγόνου, μέσω της μεθόδου της έμμεσης θερμιδομετρίας, έγινε στο εργαστήριο με φορητό αναλυτή αερίων.

- Ο υπολογισμός των θερμίδων έγινε μέσω εξισώσεων, με δεδομένα από τα καρδιοσυχνόμετρα polar, συνυπολογίζοντας την καρδιακή συχνότητα, το βάρος, την ηλικία και το χρόνο άσκησης. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν οι εξισώσεις:

$$\text{Αντρες : } ((-55.0969 + (0.6309 \times \text{HR}) + (0.1988 \times \text{W}) + (0.2017 \times \text{A}))/4.184) \times 60 \times \text{T}$$

$$\text{Γυναίκες: } ((-20.4022 + (0.4472 \times \text{HR}) - (0.1263 \times \text{W}) + (0.074 \times \text{A}))/4.184) \times 60 \times \text{T}$$

όπου:

HR = Καρδιακή Συχνότητα (χτύποι/λεπτό)

W = Βάρος (κιλά)

A = Ηλικία (έτη)

T = Χρόνος Άσκησης (ώρες)

-Η μέτρηση του γαλακτικού οξέος έγινε με τον μετρητή Accutrend Plus.

3. Διαδικασία συγκέντρωσης αποτελεσμάτων : Την πρώτη εβδομάδα οι φοιτητές/τριες υποβλήθηκαν σε ανθρωπομετρικές μετρήσεις (ύψος, βάρος), υπολογίστηκε το ποσοστό σωματικού λίπους με δερματοπτυχόμετρο, η σύσταση του σώματος και η οστική πυκνότητα με μηχανήμα DEXA) στο εργαστήριο. Επίσης, αξιολογήθηκαν στις 10-12 μέγιστες επαναλήψεις σε ασκήσεις με σταθερά βάρη (μηχανήματα) και δόθηκαν πλήρεις οδηγίες για τον τρόπο καταγραφής της διατροφής τους. Η

πειραματική διαδικασία ολοκληρώθηκε τις επόμενες 2 εβδομάδες, από τις οποίες η πρώτη εβδομάδα περιελάμβανε τις προκαταρκτικές αξιολογήσεις και την πρώτη προπονητική μονάδα κυκλικής προπόνησης με το βάρος του σώματος και τα ελεύθερα βάρη. Η δεύτερη εβδομάδα περιελάμβανε την αξιολόγηση της δύναμης και τη συμμετοχή σε μια προπονητική μονάδα κυκλικής προπόνησης με σταθερά βάρη (μηχανήματα). Αναλυτικότερα, το πρωτόκολλο άσκησης με τα ελεύθερα βάρη και το βάρος του σώματος περιελάμβανε τις εξής ασκήσεις-σταθμούς: Άσκηση σανίδα με στήριξη στους πήχεις, καθίσματα με πίεση ώμων με medicine ball (1 kg για τις φοιτήτριες και 3kg για τους φοιτητές), άρσεις θανάτου με kettlebells (4kg και 8kg για τις φοιτήτριες και τους φοιτητές αντίστοιχα), κάμψεις, σκίπινγκ, σχηματισμός κυμάτων (double waves) με battle rope, sumo squat (καθίσματα με μεγαλύτερο άνοιγμα των ποδιών και τις μύτες των ποδιών προς τα έξω) με αλτήρες 5kg και 15kg, ανάστροφη κωπηλατική, ακροστασίες με αλτήρες 5kg και 10 kg και ραχιαίους με τα χέρια δίπλα στο σώμα. Για το πρωτόκολλο αυτό κριτήριο αποτελούσε η σωστή εκτέλεση της τεχνικής και η διατήρηση του ρυθμού εκτέλεσης.

Το πρωτόκολλο άσκησης στα μηχανήματα περιελάμβανε τις ασκήσεις: πιέσεις ποδιών, (προσαγωγές χεριών) cross over, κάμψεις γονάτων, έλξεις τροχαλίας, προσαγωγούς, εκτάσεις αγκώνων, κάμψεις αγκώνων, κοιλιακούς (ανύψωση κορμού με τα χέρια στο στήθος), πιέσεις ώμων και ραχιαίους. Πριν από την άσκηση οι φοιτητές έκαναν το ίδιο ζέσταμα, που περιελάμβανε χαλαρό τρέξιμο και δυναμικές διατακτικές ασκήσεις για τις μεγάλες μυϊκές ομάδες. Κατά τη διάρκεια των προπονήσεων οι ασκούμενοι φορούσαν καρδιοσυχνόμετρα και σε 7 συμμετέχοντες αξιολογήθηκε η πρόσληψη οξυγόνου με τη χρήση φορητού αναλυτή αερίων. Πριν την άσκηση, τρία λεπτά μετά το τέλος του πρώτου κύκλου, του δευτέρου κύκλου και του τρίτου κύκλου, καθώς και 15 λεπτά μετά την άσκηση λήφθηκαν δείγματα τριχοειδικού αίματος από το δάκτυλο για τον προσδιορισμό του γαλακτικού οξέος στους 7 ασκούμενους. Στο τέλος, οι ασκούμενοι έκαναν αποθεραπεία με στατικές διατάσεις και περπάτημα.

### Πίνακας 1: Σωματομετρικά Χαρακτηριστικά

	Αριθμός Δείγματος	Ελάχιστη Τιμή	Μέγιστη Τιμή	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
A/A	14	1	14	7,50	4,183
<b>Ηλικία</b>	14	22	25	23,07	1,328
<b>Βάρος</b>	14	55	96	76,13	12,119
<b>Ύψος</b>	14	166	197	178,86	10,171
<b>BMI</b>	14	20	28	23,86	2,180



**Πίνακας 2: Ποσοστό Λίπους (total fat %), BMC (Bone Mineral Content, g), BMD (Bone Mineral Density, g/cm<sup>2</sup>) από μέτρηση DEXA.**

	Αριθμός Δείγματος	Ελάχιστη Τιμή	Μέγιστη Τιμή	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
<b>fat</b>	14	14	35	24,72	7,163
<b>BMC</b>	14	2243	4433	3379,86	633,820
<b>BMD</b>	14	1095	1492	1325,86	110,024

**Πίνακας 3: Δερματοπτυχές**

	Αριθμός Δείγματος	Ελάχιστη Τιμή	Μέγιστη Τιμή	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
<b>A/A</b>	14	1	14	7,50	4,183
<b>δικεφαλος</b>	14	3	11	5,75	2,006
<b>θωρακικός</b>	14	5	16	8,27	2,785
<b>τρικέφαλος</b>	14	6	19	12,19	4,101
<b>υποπλάτιος</b>	14	8	18	12,61	3,017
<b>κοιλιακή χώρα</b>	14	9	27	15,81	4,818
<b>υπερλαγόνια</b>	14	6	21	10,90	3,768
<b>τετρακέφαλος</b>	14	9	28	18,34	6,378
<b>γαστροκνήμιος</b>	14	6	20	11,00	4,199
<b>μεσομασχαλαία</b>	14	6	13	8,86	2,378

#### 4. Δείκτες:

Έγιναν ανθρωπομετρικές μετρήσεις (ύψος, βάρος, ποσοστό σωματικού λίπους), καθώς και μετρήσεις σύστασης του σώματος και οστικής πυκνότητας. Υπολογίστηκε η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, ο μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας, η καρδιακή συχνότητα, το γαλακτικό οξύ και τα METs.

#### 5. Στατιστική Ανάλυση:

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης μίας κατεύθυνσης (ONE-WAY ANOVA), ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (REPEATED MEASURES ANOVA) και T- TEST για

ανεξάρτητα δείγματα (INDEPENDENT SAMPLES T- TEST). Χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα SPSS.

#### 6. Κριτήρια Συμμετοχής στη Μελέτη

1. Τα άτομα που επιλέχθηκαν ήταν εθελοντές και κάθε ασκούμενος υπέγραψε γραπτή συγκατάθεση για τη συμμετοχή του στην έρευνα. Κριτήρια επιλογής για τους φοιτητές ήταν να ήταν υγιείς (να μην έχουν πρόσφατο ιατρικό ιστορικό), να μην έπαιρναν φαρμακευτική αγωγή τους τελευταίους 6 μήνες και να μην έπαιρναν συμπληρώματα διατροφής. Επίσης, τους αναλύθηκαν τα οφέλη και οι κίνδυνοι από τη συμμετοχή τους στην ερευνητική διαδικασία και δήλωσαν ενυπόγραφα τη συμμετοχή τους.
2. Κατά την διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος απαγορεύτηκε η χρήση αλκοόλ και το κάπνισμα.
3. Η συμμετοχή σε άλλες αθλητικές δραστηριότητες, πέρα αυτών που συμπεριλαμβάνονται στην πειραματική διαδικασία, δεν επιτράπηκαν.
4. Η αρτηριακή τους πίεση έπρεπε να κυμαίνεται σε φυσιολογικά όρια.

#### 7. Κριτήρια Αποκλεισμού Συμμετοχής

Από τη μελέτη αποκλείστηκαν άτομα με μη φυσιολογικό ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ) ηρεμίας ή με συστολική πίεση ηρεμίας > 160 mmHg και/ή διαστολική πίεση ηρεμίας > 95 mm Hg. Επίσης, σε περίπτωση ανεπιθύμητων συμπτωμάτων κατά τη διάρκεια της άσκησης, όπως στηθάγχη ή δύσπνοια, η δοκιμασία άσκησης θα τερματιζόταν άμεσα. Στην παρούσα έρευνα, δεν υπήρξαν τέτοια περιστατικά.

#### 8. Εγκαταστάσεις

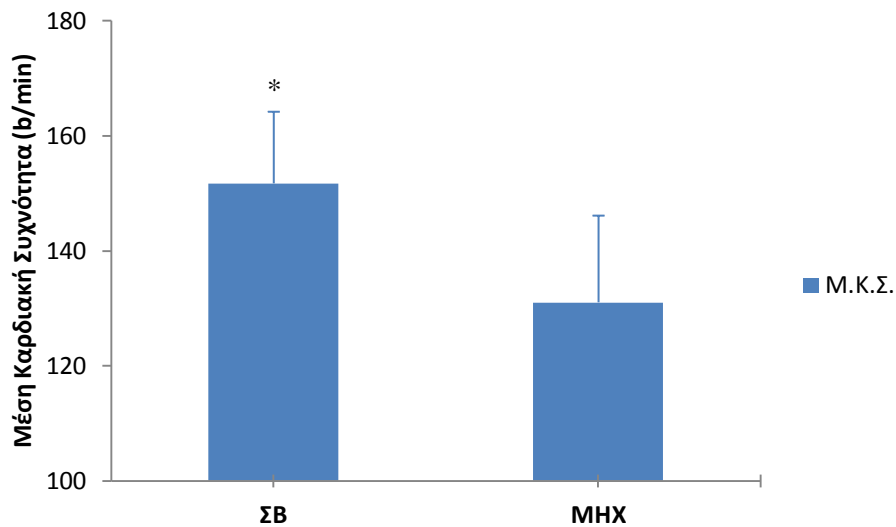
Το Εργαστήριο Φυσικής Αγωγής και Άθλησης - εργαστηριακός υποτομέας Φυσικής Απόδοσης, του Σ.Ε.Φ.Α.Α του Δ.Π.Θ. και το Πανεπιστημιακό κλειστό γυμναστήριο του Σ.Ε.Φ.Α.Α του Δ.Π.Θ.

## **Αποτελέσματα**

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης. Στην πρώτη σελίδα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τις τιμές της καρδιακής συχνότητας ανά κύκλο και συνολικά ανά πρωτόκολλο άσκησης. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι αντίστοιχες τιμές της συγκέντρωσης γαλακτικού, της κατανάλωσης οξυγόνου, του αναπνευστικού πηλίκου της κατανάλωσης των θερμίδων με βάση την καρδιακή συχνότητα και την πρόσληψη οξυγόνου. Επίσης, παραθέτονται τα αποτελέσματα της μέσης καρδιακής συχνότητας ανάμεσα στα δύο φύλα, για τα δύο πρωτόκολλα άσκησης, καθώς επίσης και ο μέσος όρος για τα MET στα δύο πρωτόκολλα άσκησης, για τους τρεις κύκλους ξεχωριστά και συνολικά για τον χρόνο άσκησης.

## Μέση Καρδιακή Συχνότητα

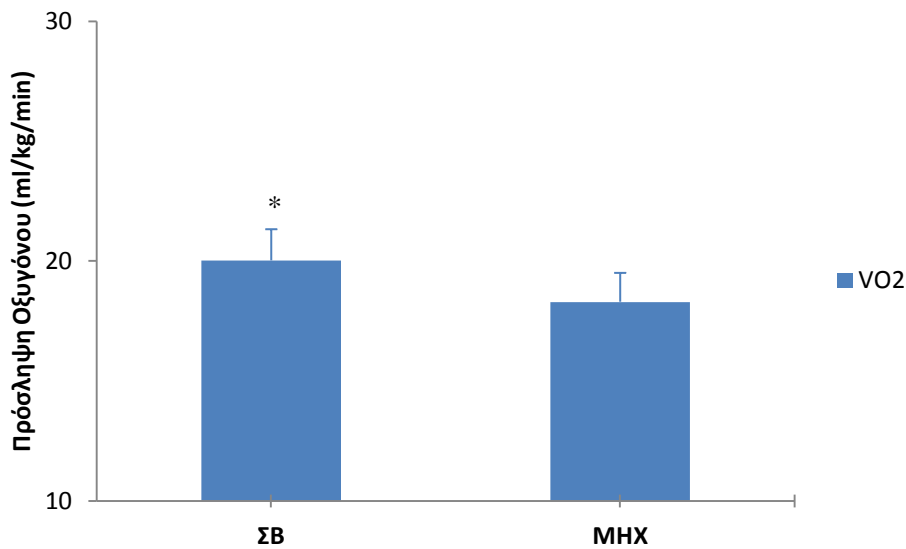
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση (Σχήμα 1) του παράγοντα μέτρηση ( $F_{(1,12)}=43.47, p<0.001$ ).



**Σχήμα 1:** Μέση Καρδιακή Συχνότητα κατά τη διάρκεια των τριών κύκλων άσκησης στα προγράμματα κυκλικής προπόνησης με το σωματικό βάρος και στα μηχανήματα. ΣΒ: Σωματικό Βάρος-Ελεύθερα Βάρη; ΜΗΧ: κυκλική προπόνηση στα μηχανήματα.

## Πρόσληψη οξυγόνου

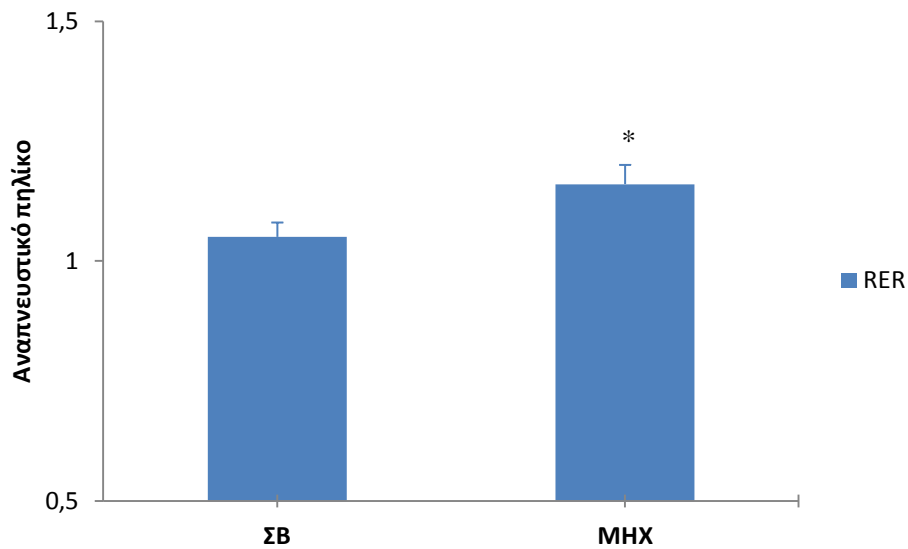
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση (Σχήμα 2) του παράγοντα μέτρηση ( $F_{(1,12)}=850.47, p<0.001$ ).



**Σχήμα 2:** Πρόσληψη Οξυγόνου κατά τη διάρκεια των τριών κύκλων άσκησης στα προγράμματα κυκλικής προπόνησης με το σωματικό βάρος και στα μηχανήματα. ΣΒ: Σωματικό Βάρος-Ελεύθερα Βάρη; ΜΗΧ: κυκλική προπόνηση στα μηχανήματα.

### Αναπνευστικό πηλίκο

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση (Σχήμα 3) του παράγοντα μέτρηση ( $F_{(1,12)}=39.58, p<0.001$ ).



**Σχήμα 3:** Αναπνευστικό πηλίκο κατά τη διάρκεια των τριών κύκλων άσκησης στα προγράμματα κυκλικής προπόνησης με το σωματικό βάρος και στα μηχανήματα. ΣΒ: Σωματικό Βάρος; -Ελεύθερα Βάρη ΜΗΧ: κυκλική προπόνηση στα μηχανήματα.

### Συγκέντρωση γαλακτικού

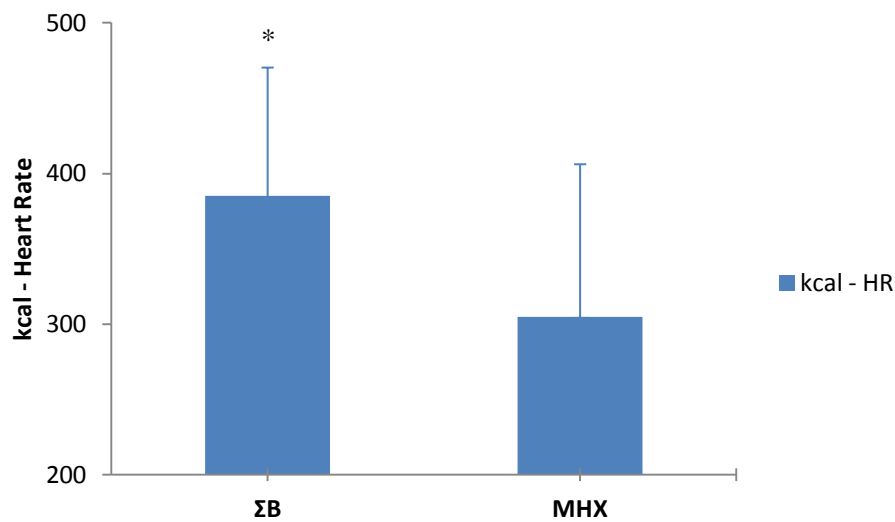
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση (Σχήμα 3) του παράγοντα μέτρηση ( $F_{(1,12)}=39.58$ ,  $p<0.001$ ).

	Ηρεμίας	Τέλος 1 <sup>ου</sup> Κ	Τέλος 2 <sup>ου</sup> Κ	Τέλος 3 <sup>ου</sup> Κ
Σωμ. Βάρος	1,3±0,2	6,01±2,7	7,95±3,5	8,95±2,3
Μηχανήματα	1,5±0,2	9,9±2,9 *	11,3±3,4 *	9,25±2,2 *

**Πίνακας 4:** Τιμές συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος στα δύο πρωτόκολλα κυκλικής προπόνησης με αντιστάσεις, στο τέλος των τριών άσκησης.

### Ενεργειακή δαπάνη με υπολογισμούς μέσω Καρδιακής Συχνότητας

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση (Σχήμα 4) του παράγοντα μέτρηση ( $F_{(1,12)}=62.43, p<0.001$ ).

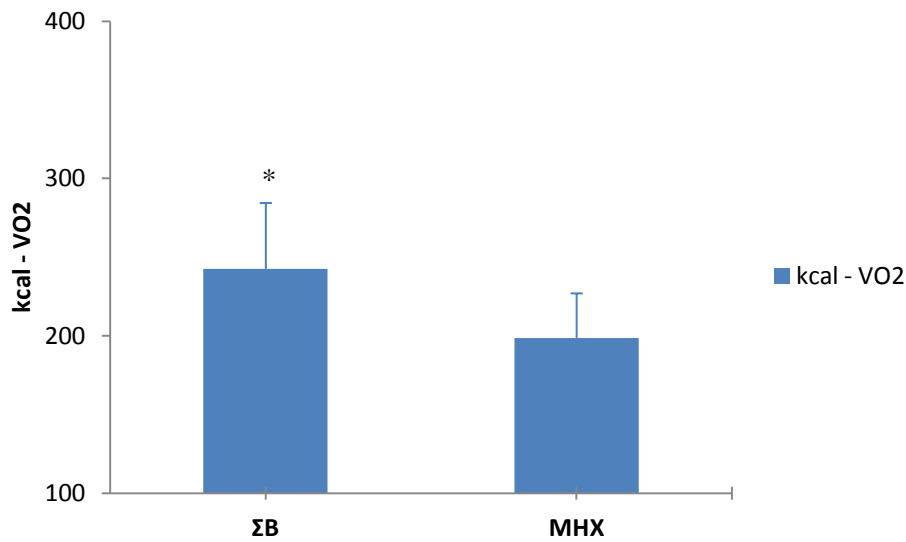


**Σχήμα 4:** Θερμιδική δαπάνη με υπολογισμούς μέσω της καρδιακής συχνότητας κατά τη διάρκεια των τριών κύκλων άσκησης στα προγράμματα κυκλικής προπόνησης με το σωματικό βάρος και στα μηχανήματα. ΣΒ: Σωματικό Βάρος-Ελεύθερα Βάρη; ΜΗΧ: κυκλική προπόνηση στα μηχανήματα.



### Ενεργειακή δαπάνη με υπολογισμούς μέσω πρόσληψης οξυγόνου κατά την άσκηση

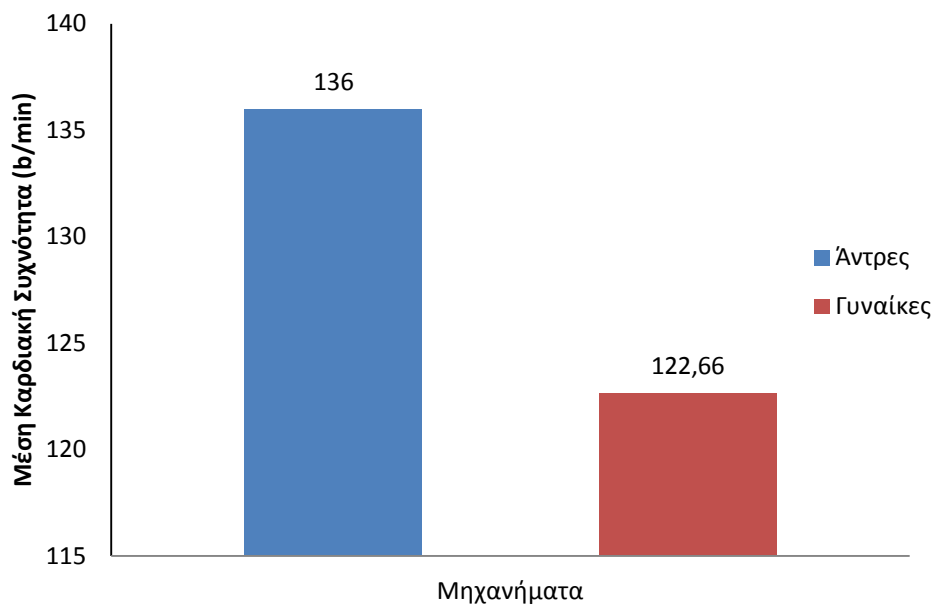
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση (Σχήμα 5) του παράγοντα μέτρηση ( $F_{(1,12)}=47.56, p<0.001$ ).



**Σχήμα 5:** Θερμιδική δαπάνη με υπολογισμούς μέσω της πρόσληψης οξυγόνου κατά τη διάρκεια των τριών κύκλων άσκησης στα προγράμματα κυκλικής προπόνησης με το σωματικό βάρος και στα μηχανήματα. ΣΒ: Σωματικό Βάρος-Ελεύθερα Βάρη; ΜΗΧ: κυκλική προπόνηση στα μηχανήματα.

### Μέση Καρδιακή Συχνότητα ανάμεσα στα δύο φύλα - Πρωτόκολλο με μηχανήματα.

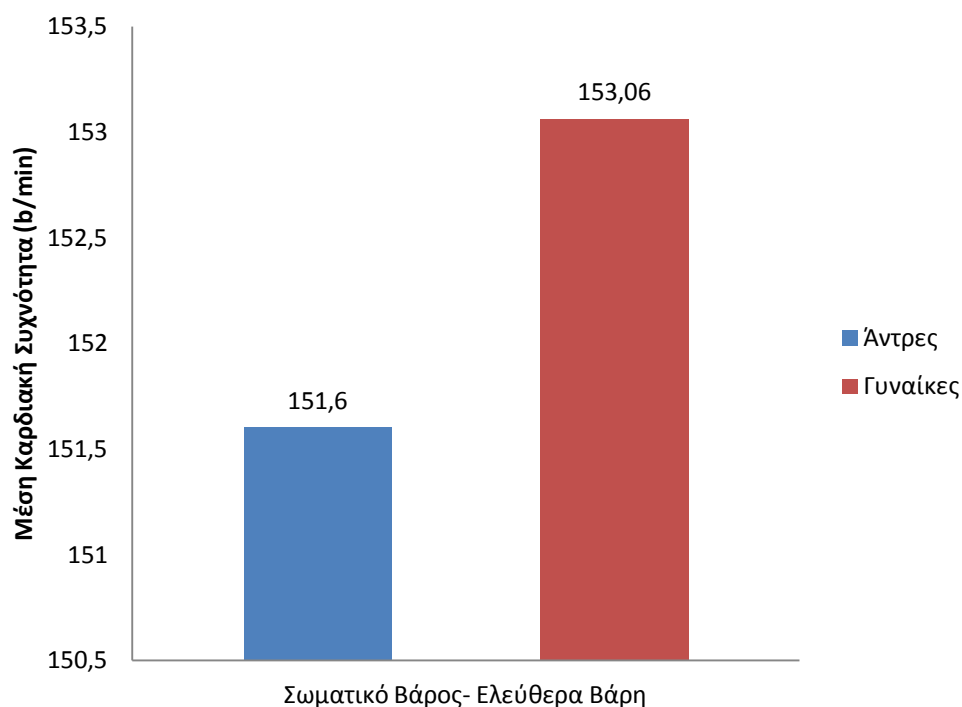
Από το t-test για ανεξάρτητα δείγματα προέκυψε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση καρδιακή συχνότητα μεταξύ των αντρών και γυναικών, στο πρωτόκολλο άσκησης στα μηχανήματα,  $t(11) = 1,70$ ,  $p > 0,05$ .



**Σχήμα 6:** Μέση καρδιακή συχνότητα σε άντρες και γυναίκες κατά τη διάρκεια των τριών κύκλων άσκησης στο πρόγραμμα κυκλικής προπόνησης στα μηχανήματα.

### Μέση Καρδιακή Συχνότητα ανάμεσα στα δύο φύλα - Πρωτόκολλο με σωματικό βάρος-ελεύθερα βάρη.

Από το t-test για ανεξάρτητα δείγματα προέκυψε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση καρδιακή συχνότητα μεταξύ των αντρών και γυναικών, στο πρωτόκολλο άσκησης με το σωματικό βάρος-ελεύθερα βάρη,  $t(11) = -0,194$ ,  $p > 0,05$ .



**Σχήμα 7:** Μέση καρδιακή συχνότητα σε άντρες και γυναίκες κατά τη διάρκεια των τριών κύκλων άσκησης στο πρόγραμμα κυκλικής προπόνησης με το σωματικό βάρος και τα ελεύθερα βάρη.

**Μεταβολικό Ισοδύναμο (MET) για τους τρεις κύκλους άσκησης, στο πρωτόκολλο κυκλικής προπόνησης με το βάρος του σώματος και τα ελεύθερα βάρη.**

Μέσω της επιλογής Descriptives από το μενού επιλογών Descriptive Statistics υπολογίστηκε η Μέση Τιμή για τα MET για τους τρεις κύκλους άσκησης στο πρωτόκολλο κυκλικής προπόνησης με το βάρος του σώματος και τα ελεύθερα βάρη.

Σ.Β.	Ελάχιστη Τιμή	Μέγιστη Τιμή	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
MET1	4,57	7,21	5,7296	,95108
MET2	4,59	6,86	6,0004	1,06607
MET3	4,24	6,44	5,1935	,93467

**Πίνακας 5:** Μέσοι όροι για το μεταβολικό ισοδύναμο στους τρεις κύκλους άσκησης στο πρόγραμμα κυκλικής προπόνησης με το σωματικό βάρος και τα ελεύθερα βάρη, ΣΒ: Σωματικό Βάρος-Ελεύθερα Βάρη, MET1: Μεταβολικό Ισοδύναμο του 1ου κύκλου, MET2: Μεταβολικό Ισοδύναμο του 2ου κύκλου MET3: Μεταβολικό Ισοδύναμο του 3ου κύκλου.

**Μεταβολικό Ισοδύναμο (MET) για τους τρεις κύκλους άσκησης, στο πρωτόκολλο κυκλικής προπόνησης με τα μηχανήματα.**

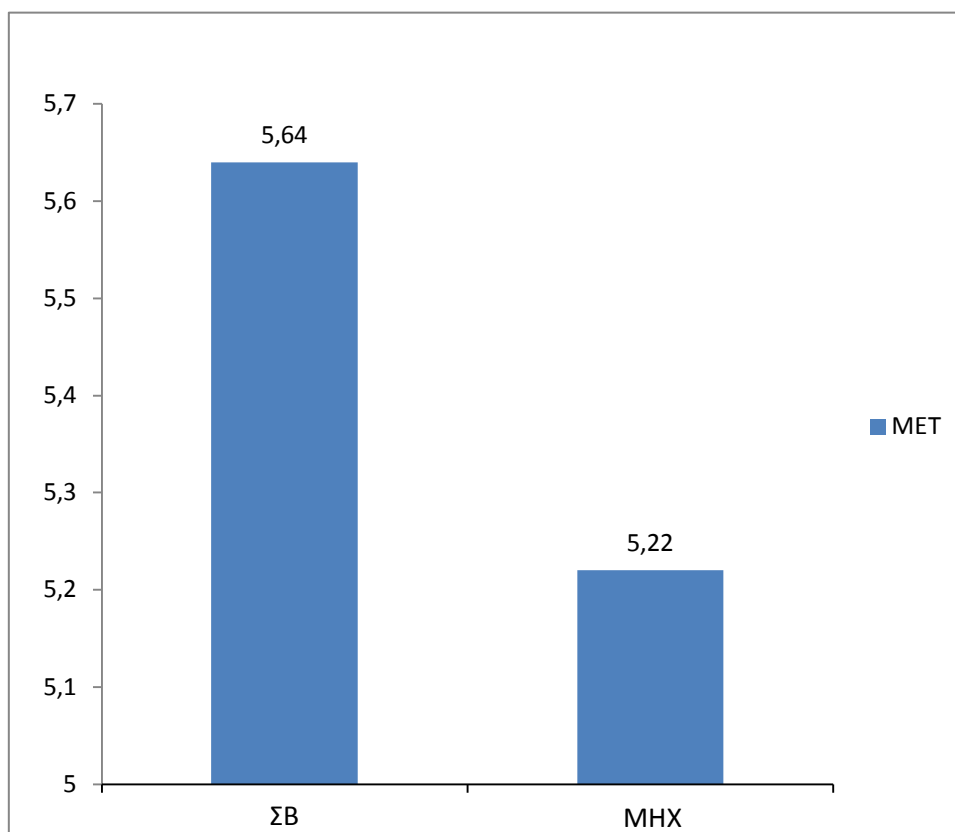
Μέσω της επιλογής Descriptives από το μενού επιλογών Descriptive Statistics υπολογίστηκε η Μέση Τιμή για τα MET για τους τρεις κύκλους άσκησης στο πρωτόκολλο κυκλικής προπόνησης με τα μηχανήματα.

MHX.	Ελάχιστη Τιμή	Μέγιστη Τιμή	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
MET1	4,33	5,36	4,9054	,42772
MET2	5,05	5,98	5,5785	,41596
MET3	4,51	5,85	5,1584	,67228

**Πίνακας 6:** Μέσοι όροι για το μεταβολικό ισοδύναμο στους τρεις κύκλους άσκησης στο πρόγραμμα κυκλικής προπόνησης με τα μηχανήματα, MHX: Μηχανήματα, MET1: Μεταβολικό Ισοδύναμο του 1ου κύκλου, MET2: Μεταβολικό Ισοδύναμο του 2ου κύκλου MET3: Μεταβολικό Ισοδύναμο του 3ου κύκλου.

## Μεταβολικό Ισοδύναμο (MET)

Μέσω της επιλογής Descriptives από το μενού επιλογών Descriptive Statistics υπολογίστηκε η Μέση Τιμή για τα MET από τους μέσους όρους των τριών κύκλων άσκησης στα δύο πρωτόκολλα άσκησης.



**Σχήμα 8:** Μεταβολικό Ισοδύναμο κατά τη διάρκεια των τριών κύκλων άσκησης στα προγράμματα κυκλικής προπόνησης με το σωματικό βάρος και στα μηχανήματα. ΣΒ: Σωματικό Βάρος-Ελεύθερα Βάρη; ΜΗΧ: κυκλική προπόνηση στα μηχανήματα.

## Συζήτηση

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, η μέση καρδιακή συχνότητα κατά τη διάρκεια των τριών κύκλων άσκησης ήταν μεγαλύτερη στο πρόγραμμα κυκλικής προπόνησης με το σωματικό βάρος και τα ελεύθερα βάρη (μέση ΚΣ: 151,7 χτύποι/λεπτό) συγκριτικά με το πρωτόκολλο άσκησης με μηχανήματα (μέση ΚΣ: 131,01 χτύποι/λεπτό), με στατιστικά σημαντική διαφορά. Όσον αφορά την πρόσληψη οξυγόνου, το πρόγραμμα άσκησης με το βάρος του σώματος και τα ελεύθερα βάρη παρουσίασε, επίσης, στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερες τιμές ( $VO_2$ : 20,02 ml/kg/min) σε σχέση με την προπόνηση στα μηχανήματα ( $VO_2$ : 18,3 ml/kg/min), ενώ η άσκηση στα μηχανήματα παρουσίασε μεγαλύτερες τιμές στο αναπνευστικό πηλίκο (1,16) κατά τη διάρκεια των τριών κύκλων άσκησης σε σχέση με το άλλο πρωτόκολλο άσκησης (1,05), με επίσης στατιστικά σημαντική διαφορά. Η ενεργειακή κατανάλωση που υπολογίστηκε με βάση την καρδιακή συχνότητα ήταν μεγαλύτερη στην άσκηση με το βάρος του σώματος (EE: 385,21 kcal) από την άσκηση στα μηχανήματα (EE: 305,01 kcal), αλλά και όταν υπολογίστηκε μέσω της πρόσληψης οξυγόνου κατά την άσκηση, με τιμές (EE: 242,4 kcal) και (EE: 198,5 kcal) αντίστοιχα και η διαφορά ήταν στατιστικά σημαντική. Τέλος, δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση καρδιακή συχνότητα κατά τη διάρκεια των τριών κύκλων άσκησης μεταξύ των δύο φύλων στα δύο πρωτόκολλα άσκησης, ενώ η ένταση των ασκήσεων με το βάρος του σώματος και τα ελεύθερα βάρη φαίνεται να είναι πιο έντονη ως προς το καρδιοαναπνευστικό σύστημα σε σχέση με αυτές στα μηχανήματα, σύμφωνα με τα δεδομένα από τα μεταβολικά ισοδύναμα.

Τα ευρήματα της έρευνας έρχονται σε συμφωνία με αυτά των Benito et al (2016) στο ότι η άσκηση με τα ελεύθερα βάρη παρουσιάζει μεγαλύτερη πρόσληψη οξυγόνου, καρδιακή συχνότητα και ενεργειακή δαπάνη σε σχέση με την άσκηση στα μηχανήματα. Μία πιθανή εξήγηση είναι ότι στα ελεύθερα βάρη συμμετέχουν και οι σταθεροποιητές μύες, οπότε και η ενεργειακή δαπάνη είναι μεγαλύτερη. [53, 7] Βέβαια, οι Benito et al (2016) αναφέρουν ότι οι ασκήσεις με ελεύθερα βάρη με παρεμβαλλόμενη αερόβια άσκηση παρουσιάζουν μεγαλύτερη ενεργειακή δαπάνη σε σχέση με την άσκηση με ελεύθερα βάρη. Όσον αφορά τις τιμές του αναπνευστικού πηλίκου και του γαλακτικού οξέος, ήταν μεγαλύτερες στην άσκηση με τα μηχανήματα από αυτές με τα ελεύθερα βάρη στη μελέτη αυτή, όπως και στην προαναφερθείσα έρευνα. [7] Στην έρευνα των Fatouros et al (2009) οι τιμές στο γαλακτικό οξύ μετά την άσκηση ενδυνάμωσης σε μηχανήματα (3 σετ ασκήσεων), με μέτρια ένταση (60-65% του 1 RM) ήταν περίπου 7,8 mM. Στην παρούσα έρευνα οι τιμές του γαλακτικού οξέος στο πρωτόκολλο στα μηχανήματα (ένταση 70-75% του 1 RM) ήταν παρόμοιες (9,25±2,2 στο τέλος του τρίτου κύκλου). Στην άσκηση με το βάρος του σώματος και τα ελεύθερα βάρη οι τιμές της συγκέντρωσης του γαλακτικού οξέος στο αίμα ήταν μικρότερες (8,95±2,3 μετά το τέλος του τρίτου κύκλου). Οι κατεχολαμίνες σχετίζονται άμεσα με την ανάπτυξη της γαλακτικής οξέωσης, οπότε η

αύξηση αυτών προάγει τη γλυκογονόλυση και τελικά το μονοπάτι της γαλακτικής γλυκόλυσης. Οι τιμές στο γαλακτικό οξύ μπορεί να ήταν μεγαλύτερες στην άσκηση στα μηχανήματα πιθανώς λόγω της αναερόβιας γλυκόλυσης, όπου το πυροσταφυλικό οξύ ανάγεται σε γαλακτικό οξύ κατά την έντονη μυϊκή προσπάθεια και του μεγαλύτερου στρες ανά μυϊκή ομάδα, σε σχέση με την άσκηση με το βάρος του σώματος και τα ελεύθερα βάρη. [43,75]

Αναλυτικότερα, στην παρούσα μελέτη το αναπνευστικό ηλίκο κατά τη διάρκεια των τριών κύκλων άσκησης ήταν πάνω από 1 και για τα δύο πρωτόκολλα άσκησης, κάτι που αντικατοπτρίζει τη συμβολή των υδατανθράκων στην ενεργειακή δαπάνη. [4] Όταν το αναπνευστικό ηλίκο είναι περίπου ίσο με τη μονάδα δείχνει ότι επικρατεί η καύση των υδατανθράκων. Σε άσκηση υψηλής έντασης, πάνω από το γαλακτικό κατώφλι, η τιμή του αναπνευστικού ηλίκου ξεπερνάει τη μονάδα και δεν είναι τόσο έγκυρο να αποδοθούν οι τιμές στην οξειδωση των τροφών. [8] Το γεγονός ότι στο πρωτόκολλο άσκησης με βάρη το αναπνευστικό ηλίκο παρουσίασε μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με αυτό με τα ελεύθερα βάρη, εξηγείται από το γεγονός ότι και οι τιμές του γαλακτικού οξέος ήταν μεγαλύτερες στην άσκηση στα μηχανήματα. Από την εξουδετέρωση του γαλακτικού οξέος παράγεται επιπλέον CO<sub>2</sub>, οπότε σύμφωνα με τον τύπο του αναπνευστικού ηλίκου ( $RQ = VCO_2/VO_2$ ), συνεπάγεται το παραπάνω συμπέρασμα. [71] Αν η άσκηση με αντιστάσεις γίνεται τακτικά, σε ένα βάθος χρόνου μπορεί να επιφέρει προσαρμογές, όπως η αύξηση του ηλίκου ανταλλαγής αερίων για αρκετές ώρες μετά την προπόνηση. [43]

Ένας από τους περιορισμούς της έρευνας αυτής ήταν ότι η εκτίμηση της ενεργειακής δαπάνης έγινε μέσω της μεθόδου της έμμεσης θερμιδομετρίας, μετρώντας την κατανάλωση του οξυγόνου. Οι Benito et al (2016) παρατήρησαν ότι στην κυκλική προπόνηση δύναμης με βάρη πρέπει να εκτιμάται και η αναερόβια ενεργειακή δαπάνη, διαφορετικά η συνολική ενεργειακή δαπάνη υποεκτιμάται, ανεξάρτητα από το αν χρησιμοποιούνται ελεύθερα βάρη ή μηχανήματα. Επίσης, για την εκτίμηση της αναερόβιας ενεργειακής δαπάνης κατά την άσκηση, μέτρησαν το γαλακτικό οξύ στην αποκατάσταση. Οι Vezina et al (2014) προτείνουν να γίνεται η μέτρηση της ενεργειακής δαπάνης της άσκησης με αντιστάσεις υπολογίζοντας το EPOC αντί για την κατανάλωση οξυγόνου κατά τη διάρκεια της άσκησης, καθώς η VO<sub>2</sub> δεν επιστρέφει στις τιμές ηρεμίας κατευθείαν μετά την άσκηση και η ενεργειακή δαπάνη είναι μεγαλύτερη από τον βασικό μεταβολισμό για ένα χρονικό διάστημα. [53] Μάλιστα, έχει βρεθεί ότι σε κυκλική προπόνηση με βάρη σε νέους προπονημένους άνδρες, ότι το EPOC παρέμεινε σημαντικά υψηλότερο από τις τιμές ηρεμίας για 38 ώρες μετά από τον τερματισμό της άσκησης. [6]

Οι Lagally et al (2009) αναφέρουν ότι η συνεχόμενη λειτουργική προπόνηση με αντιστάσεις προκαλεί μεγαλύτερη κατανάλωση οξυγόνου και ενεργειακή δαπάνη σε σχέση με την κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις. Παρόλα αυτά, τα πρωτόκολλα άσκησης αυτής της έρευνας πληρούν τα



κριτήρια του American College of Sports Medicine (ACSM) για τη συνιστάμενη ενεργειακή δαπάνη από τη φυσική δραστηριότητα (150-400 kcal/d). [61] Επιπλέον, τα πρωτόκολλα προπόνησης με αντιστάσεις στις διάφορες έρευνες, διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τα χαρακτηριστικά της άσκησης και αυτό κάνει δύσκολη τη σύγκριση μεταξύ τους.

Στη σύγκριση ανάμεσα στη μέση καρδιακή συχνότητα και τη διαφορά στα δύο φύλα, φαίνεται ότι και στα δύο πρωτόκολλα άσκησης οι διαφορές δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τους Ortega et al (2009) που μελέτησαν την καρδιακή συχνότητα στην κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις σε άντρες και γυναίκες, ενώ τονίζουν ότι υπάρχουν διαφορές στην πρόσληψη οξυγόνου, το αναπνευστικό πηλίκιο και τη συστολική αρτηριακή πίεση. Αυτές οι διαφορές μπορούν να εξηγηθούν σε έναν βαθμό από τις διαφορές στα επίπεδα ορμονών, στον όγκο παλμού και στην αναλογία του φορτίου προς τη μυϊκή μάζα. Για τον προγραμματισμό ενός πρωτόκολλου άσκησης κυκλικής προπόνησης με αντιστάσεις, συνίσταται να λαμβάνονται υπόψη οι διαφορές μεταξύ των δύο φύλων. [4]

Η ενεργειακή δαπάνη κατά την άσκηση υπολογίστηκε μέσω της πρόσληψης οξυγόνου αλλά και μέσω εξισώσεων που συνυπολογίζουν την καρδιακή συχνότητα, το βάρος, την ηλικία, το φύλο και το χρόνο άσκησης. Οι Keytel et al (2005) καταγράφουν ότι η εκτίμηση της ενεργειακής δαπάνης μπορεί να εκτιμηθεί με μεγάλη ακρίβεια υπολογίζοντας τις παραπάνω παραμέτρους και την πρόσληψη οξυγόνου, υπάρχουν όμως και εξισώσεις που δεν συνυπολογίζουν την αερόβια ικανότητα καθώς η μέτρηση αυτή δεν είναι πάντα εύκολο να γίνει. [73] Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας έδειξαν ότι η θερμιδική δαπάνη με υπολογισμούς μέσω της καρδιακής συχνότητας κατά τη διάρκεια των τριών κύκλων άσκησης είναι μεγαλύτερη στο πρόγραμμα κυκλικής προπόνησης με τα ελεύθερα βάρη και το σωματικό βάρος (385,21 kcal) σε σχέση με τα μηχανήματα (305,01 kcal), με στατιστικά σημαντική διαφορά. Οι τιμές αυτές είναι υψηλότερες από αυτές που υπολογίζουν την ενεργειακή δαπάνη μέσω της πρόσληψης οξυγόνου, όμως η  $VO_2$  είναι βασική παράμετρος για τη μεγαλύτερη ακρίβεια των αποτελεσμάτων, συνεπώς στην περίπτωση υπολογισμού μέσω της καρδιακής συχνότητας, η θερμιδική κατανάλωση μπορεί να υπερεκτιμάται. [73] Βέβαια, υπάρχουν και άλλοι τρόποι υπολογισμού της ενεργειακής δαπάνης με την πρόσληψη οξυγόνου, όπως είναι ο υπολογισμός του "χρέους οξυγόνου" (ή αλλιώς περίσσεια οξυγόνου αποκατάστασης), δηλαδή του επιπλέον μετασκησιακού οξυγόνου που καταναλώνεται κατά τη φάση της αποκατάστασης που χρησιμοποιείται για να αντιστρέψει τις αναερόβιες διεργασίες της άσκησης. [76]

Η εκτίμηση της ενεργειακής δαπάνης κατά την άσκηση βασίζεται στη γραμμική συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ της πρόσληψης οξυγόνου και της καρδιακής συχνότητας. Σύμφωνα με την εξίσωση του Fick:  $VO_2 = HR \times SV \times [C(a-v) O_2]$ , όπου

HR = Καρδιακή Συχνότητα,

SV = Όγκο Παλμού και

[C (a-v) O<sub>2</sub>] = Αρτηριοφλεβική Διαφορά Οξυγόνου,

η πρόσληψη οξυγόνου ισούται με το γινόμενο της καρδιακής παροχής (HR x SV) και της αρτηριοφλεβικής διαφοράς οξυγόνου. Για ένα επίπεδο έντασης 41%-80% της VO<sub>2</sub>max ο όγκος παλμού και η αρτηριοφλεβική διαφορά οξυγόνου δε μεταβάλλονται σημαντικά, με αποτέλεσμα η αύξηση της καρδιακής συχνότητας να αντανακλά την αύξηση της πρόληψης οξυγόνου. Βέβαια, υπάρχουν παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την καρδιακή συχνότητα, όπως η ζέστη ή το κρύο, η αφυδάτωση, η ψυχολογική κατάσταση και η κόπωση, οπότε ο υπολογισμός της ενεργειακής δαπάνης να μην είναι ακριβής. [73,74]

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η θερμιδική κατανάλωση σχετίζεται άμεσα με τον καρδιακό ρυθμό. Η φυσική κατάσταση του κάθε ασκούμενου όμως επηρεάζει τη σχέση αυτή. Ένα άτομο με κακή φυσική κατάσταση που θα έχει υψηλό καρδιακό ρυθμό δε σημαίνει ότι έχει και αυξημένη θερμιδική κατανάλωση. Για άτομα με καλή φυσική κατάσταση η ίδια καρδιακή συχνότητα συνοδεύεται από υψηλότερη ενεργειακή κατανάλωση. [16]

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα για τα μεταβολικά ισοδύναμα στα δύο πρωτόκολλα κυκλικής προπόνησης με αντιστάσεις, φαίνεται ότι αυτό με το σωματικό βάρος και τα ελεύθερα βάρη παρουσιάζει μεγαλύτερη μέση τιμή κατά τη διάρκεια των τριών κύκλων άσκησης. Μάλιστα, οι μεγαλύτερες τιμές και στους τρεις κύκλους άσκησης ξεπερνούν τα 6 MET, σε αντίθεση με τις αντίστοιχες τιμές στο πρωτόκολλο άσκησης στα μηχανήματα. Συνεπάγεται, λοιπόν, ότι η άσκηση με ελεύθερα βάρη και το βάρος του σώματος να είναι πιο έντονη ως προς το καρδιοαναπνευστικό σύστημα σε σχέση με αυτή στα μηχανήματα. Βέβαια, πρέπει να σημειωθεί ότι οι Vezina et al (2014) παρατήρησαν ότι όταν υπολόγισαν την ενεργειακή δαπάνη μέσω της πρόσληψης οξυγόνου για 4 ασκήσεις με αντιστάσεις, διαπίστωσαν ότι οι ασκήσεις χαρακτηρίστηκαν μέτριας έντασης (3-6 METS), αντίθετα όταν υπολόγισαν την ενεργειακή δαπάνη μέσω του EPOC, οι ασκήσεις χαρακτηρίστηκαν ως υψηλής έντασης (> 6 METS). Οι Benito et al (2016), πάλι, εκτίμησαν τη συνολική ενεργειακή δαπάνη στην κυκλική άσκηση με ελεύθερα βάρη στα 7±1,3 METS και στην κυκλική προπόνηση με μηχανήματα στα 6±1,2 METS. [53,7]

Ορισμένοι από τους περιορισμούς της συγκεκριμένης έρευνας είναι ο μικρός αριθμός του δείγματος και ότι αποτελέσματα αυτής της έρευνας αφορούν υγιείς φοιτητές και φοιτήτριες ΣΕΦΑΑ και δεν μπορούν να γενικευτούν για διαφορετικό πληθυσμό. Επίσης, η μέθοδος εκτίμησης της ενεργειακής δαπάνης που χρησιμοποιήθηκε υποεκτιμά τη συνολική ενεργειακή δαπάνη.

Μία πρόταση για περαιτέρω μελέτη στην έρευνα αυτή θα μπορούσε να είναι πάνω στην επίδραση του διαιτητικού υποστρώματος στο RQ. Επίσης, θα μπορούσε να υπολογιστεί ο μεταβολισμός ηρεμίας και το EPOC. Σίγουρα χρειάζεται περισσότερη έρευνα πάνω στην κυκλική προπόνηση και σε άτομα με παχυσαρκία. Θα μπορούσε, επίσης, να μελετηθεί η ενεργειακή δαπάνη της κάθε άσκησης στα δύο πρωτόκολλα και ιδιαίτερα σε αυτό με τα ελεύθερα βάρη και το βάρος του σώματος. Σε πρόσφατη έρευνα, μάλιστα, οι Ratames et al (2015) βρήκαν ότι οι ασκήσεις με battle rope σε κυκλική προπόνηση παράγουν τη μεγαλύτερη οξεία μεταβολική απόκριση σε σύγκριση με άλλες ασκήσεις όπως τα καθίσματα, οι προβολές και οι άρσεις θανάτου με ελεύθερα βάρη. [59] Άλλη μία πρόταση για τη συγκεκριμένη εργασία θα μπορούσε να είναι η επίδραση των δύο πρωτόκολλων άσκησης στις προσαρμογές των ασκούμενων σε ένα βάθος χρόνου. Έχουν γίνει κυρίως έρευνες που συνέκριναν την κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις με την παραδοσιακή μορφή προπόνησης δύναμης και φαίνεται ότι αυτές οι δύο μορφές προπόνησης είχαν παρόμοια αποτελέσματα βελτίωση της μυϊκής δύναμης και ισχύς και της μυϊκής μάζας, αλλά χρειάζεται περισσότερη μελέτη πάνω στην ενεργειακή κατανάλωση. [5]

Συμπερασματικά, τα δύο πρωτόκολλα άσκησης προκάλεσαν αυξημένες μεταβολικές απαιτήσεις σε σύγκριση με την ηρεμία, ενώ αυτό με το βάρος του σώματος και τα ελεύθερα βάρη παρουσιάζει μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις. Συγκεκριμένα, παρουσιάζει μεγαλύτερη πρόσληψη οξυγόνου και ενεργειακή δαπάνη σε σχέση με την κυκλική προπόνηση με μηχανήματα και αυτό μπορεί να οφείλεται στη συμμετοχή των σταθεροποιών μυών. Επίσης, οι ασκήσεις στο πρώτο πρωτόκολλο φαίνεται να είναι πιο έντονες σε σχέση με αυτές στα μηχανήματα. Σίγουρα χρειάζεται περισσότερη έρευνα πάνω στην ενεργειακή δαπάνη κατά την άσκηση και να γίνεται μέτρηση τόσο της αερόβιας όσο και της αναερόβιας ενεργειακής δαπάνης, στα διάφορα πρωτόκολλα άσκησης και κυρίως στην κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις, διαφορετικά η συνολική ενεργειακή δαπάνη υποεκτιμάται.

## Βιβλιογραφικές Αναφορές

- [1] Skrypnik D, Bogdański P, Mądry E, Karolkiewicz J, Ratajczak M, Kryściak J, et al. Effects of Endurance and Endurance Strength Training on Body Composition and Physical Capacity in Women with Abdominal Obesity. *Obes Facts*. 2015; 8(3):175-87.
- [2] Humphries BD. Strength Training for Bone, Muscle, and Hormones. American College of Sports Medicine (ACSM), USA. Available at: <https://www.acsm.org/docs/current-comments/strengthtrainingforbmh.pdf>. Assessed February 2, 2017.
- [3] Westcott W. ACSM Strength Training Guidelines. Role in Body Composition and Health Enhancement. *ACSM's Health & Fitness Journal*. 2009; 13(4): 17-20.
- [4] Ortego AR, Dantzer DK, Zaloudek A, Tanner J, Khan T, Panwar R, et al. Effects of gender on physiological responses to strenuous circuit resistance exercise and recovery. *J Strength Cond Res*. 2009; 23(3):932-8.
- [5] Alcaraz PE, Perez-Gomez J, Chavarrias M, Blazevich AJ. Similarity in adaptations to high-resistance circuit vs. traditional strength training in resistance-trained men. *J Strength Cond Res*. 2011; 25(9):2519-27.
- [6] Mello Meirelles C, Chagas Gomes PS. Acute effects of resistance exercise on energy expenditure: revisiting the impact of the training variables. *Rev Bras Med Esporte*. 2004; 10(2): 131-137.
- [7] Benito PJ, Alvarez-Sánchez M, Díaz V, Morencos E, Peinado AB, Cupeiro R, et al. Cardiovascular Fitness and Energy Expenditure Response during a Combined Aerobic and Circuit Weight Training Protocol. *PLoS One*. 2016; 10;11(11):e0164349.
- [8] Reis VM, Júnior RS, Zajac A, Oliveira DR. Energy Cost of Resistance Exercises: an Uptade. *J Hum Kinet*. 2011; 29A: 33–39.
- [9] Γεροδήμος Β, Καρατράντου Κ, Μάνου Β, Πασχάλης Β, Κέλλης Σ. Η άσκηση ως μέσο πρόληψης και αποκατάστασης χρόνιων παθήσεων. Σχεδιασμός προγραμμάτων άσκησης με στόχο την προαγωγή της υγείας. 1η Έκδοση, Τρίκαλα, Υπεύθυνος έκδοσης: Γεροδήμος Βασίλειος, 2003: 29-53.
- [10] Grosser M, Starischka S, Zimmermann E. Προπόνηση φυσικής κατάστασης. Προπόνηση δύναμης. Β' Έκδοση, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις SALTO, 2007: 52-57.
- [11] Τοκμακίδης Σ, Δούδα Ε. Εργαστηριακά Μαθήματα Εργοφυσιολογίας. Κινανθρωπομετρία - Σύσταση Σώματος. Κομοτηνή, 2014: 100-114.

- [12] Haarbo J, Gotfredsen A, Hassager C, Christiansen C. Validation of body composition by dual energy X-ray absorptiometry (DEXA). *Clinical Physiology*. 1991; 11, 331-341.
- [13] Wooda PS, Krügera PE, Grantb CC. DEXA-assessed regional body composition changes in young female military soldiers following 12-weeks of periodised training. *Ergonomics*. 2010; 53, (4), 537–547.
- [14] Κλεισούρας Β. Εργοφυσιολογία. Ενεργειακά Συστήματα. Συμμετοχή ενεργειακών μηχανισμών. 10η Έκδοση, Αθήνα, Εκδόσεις Π.Χ. ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ, 2011: 75-77.
- [15] Taylor D. Physical activity is medicine for older adults. *Postgrad Med J*. 2014, 90(1059):26-32.
- [16] Sharkey BJ, Gaskill SE. Άσκηση & Υγεία. In: ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ Α.Ε., editor. Κατανόηση φυσικής επάρκειας. Δραστηριότητα, διαίτα και έλεγχος βάρους. Αθήνα: Επιστημονικές εκδόσεις ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ; 2011. p. 86-88, 315-316.
- [17] Mazzeo RS. Exercise and the Older Adult. American College of Sports Medicine (ACSM), USA. Available at: <https://www.acsm.org/docs/current-comments/exerciseandtheolderadult.pdf>. Assessed December 20, 2015.
- [18] Δεληγιάννης Α. Ιατρική της άθλησης, από τη θεωρία στην πράξη. In: University Studio Press Α.Ε., editor. Άσκηση στους ηλικιωμένους. Θεσσαλονίκη: University Studio Press; 1997. p. 181-183.
- [19] Κλεισούρας Β. Εργοφυσιολογία. Ενεργειακά Συστήματα. 10η Έκδοση, Αθήνα, Εκδόσεις Π.Χ. ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ, 2011: 80-83.
- [20] Westcott W. Energy Cost of Resistance Exercise. ACSM. Available at: [https://certification.acsm.org/wayne-westcott-energy-cost-may-2017?utm\\_source=Informz&utm\\_medium=Email&utm\\_campaign=June+Cert+News](https://certification.acsm.org/wayne-westcott-energy-cost-may-2017?utm_source=Informz&utm_medium=Email&utm_campaign=June+Cert+News). Assessed June 20, 2017.
- [21] Esco MR. Resistance training for Health and Fitness. American College of Sports Medicine (ACSM). Available at: <https://www.acsm.org/docs/brochures/resistance-training.pdf>. Assessed February 2, 2017.
- [22] Westcott W. Resistance Training is Medicine: Effects of Strength Training on Health. *Current Sports Medicine Reports*. 2012;11(4): 209-216.

- [23] Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Growing Stronger - Strength Training for Older Adults: Why strength training? Available at: <http://www.cdc.gov/physicalactivity/growingstronger/why/index.html>. Assessed December 18, 2015.
- [24] Humphries BD. Strength Training for Bone, Muscle, and Hormones. American College of Sports Medicine (ACSM), USA. Available at: <https://www.acsm.org/docs/current-comments/strengthtrainingforbmh.pdf>. Assessed December 18, 2015.
- [25] Brito Ade F, de Oliveira CV, Brasileiro-Santos Mdo S, Santos Ada C. Resistance exercise with different volumes: blood pressure response and forearm blood flow in the hypertensive elderly. *Clin Interv Aging*. 2014, 12;9:2151-8.
- [26] Berryman N, Bherer L, Nadeau S, Lauzière S, Lehr L, Bobeuf F, et al. Multiple roads lead to Rome: combined high intensity aerobic and strength training vs. gross motor activities leads to equivalent improvement in executive functions in a cohort of healthy older adults. *Age (Dordr)*. 2014, 36(5):9710.
- [27] Andersen V, Fimland MS, Kolnes MK, Saeterbakken AH. Elastic Bands in Combination With Free Weights in Strength Training: Neuromuscular Effects. *J Strength Cond Res*. 2015;29(10):2932-40.
- [28] Romero-Arenas S, Blazeovich AJ, Martínez-Pascual M, Pérez-Gómez J, Luque AJ, López-Román FJ et al. Effects of high-resistance circuit training in an elderly population. *Exp Gerontol*. 2013;48(3):334-40.
- [29] Aniceto RR, Ritti-Dias RM, Scott CB, Martins de Lima FF, Pessôa dos Prazeres TM, Luiz do Prado W. Acute Effects of Different Weight Training Methods on Energy Expenditure in Trained Men. *Rev Bras Med Esporte*. 2013; 19( 3): 181-185.
- [30] Χασαπίδου Μ, Φαχαντίδου Α. Διατροφή για Υγεία, Άσκηση & Αθλητισμό. Ο ρόλος των Θερμιδογόνων Θρεπτικών Συστατικών. 1η Έκδοση, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις University Studio Press A.E., 2008: 87-115.
- [31] Κλεισούρας Β. Εργοφυσιολογία. Πηγές Μυϊκής Ενέργειας. 10η Έκδοση, Αθήνα, Εκδόσεις Π.Χ. ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ, 2011: 110-114, 457.
- [32] Botero JP, Prado WL, Guerra RL, Speretta GF, Leite RD, Prestes J, et al. Does aerobic exercise intensity affect health-related parameters in overweight women? *Clin Physiol Funct Imaging*. 2014, 34(2):138-42.

- [33] Yumuk V, Tsigos C, Fried M, Schindler K, Busetto L, Micic D et al. European Guidelines for Obesity Management in Adults. *Obes Facts*. 2015, 8(6):402-24.
- [34] Πασχάλης Β, Νικολαΐδης Μ, Δίπλα Κ, Τζιαμούρτας Α, Καρατράντου Κ, Μελισσοπούλου Α et al. Η άσκηση ως μέσο πρόληψης και αποκατάστασης χρόνιων παθήσεων. Άσκηση και παχυσαρκία. 1η Έκδοση, Τρίκαλα, Υπεύθυνος έκδοσης: Γεροδήμος Βασίλειος, 2003: 260.
- [35] World Health Organization. Overweight and obesity. Global Health Observatory (GHO) data. Available at: [http://www.who.int/gho/ncd/risk\\_factors/overweight\\_text/en/](http://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/overweight_text/en/) . Assessed: February 1, 2017.
- [36] Bray GA, Frühbeck G, Ryan DH, Wilding JP. Management of obesity. *Lancet*. 2016, 387(10031):1947-56.
- [37] Xiao T, Fu YF. Resistance training vs. aerobic training and role of other factors on the exercise effects on visceral fat. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2015, 19(10):1779-84.
- [38] Tongjian Y, Xuewen W , Rongze Y , Mary F, Dawei G , Barbara J. et al. Effect of exercise training intensity on adipose tissue hormone sensitive lipase gene expression in obese women under weight loss. *J Sport Health Sci* , 1 (2012) 184-190.
- [39] Irving BA, Davis CK, Brock DW, Weltman JY, Swift D, Barrett EJ, et al. Effect of exercise training intensity on abdominal visceral fat and body composition. *Med Sci Sports Exerc*. 2008,40(11):1863-72.
- [40] Tan S, Wang J, Cao L, Guo Z, Wang Y. Positive effect of exercise training at maximal fat oxidation intensity on body composition and lipid metabolism in overweight middle-aged women. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2016, 36(3):225-30.
- [41] Lanzi S, Codecasa F, Cornacchia M, Maestrini S, Salvadori A, Brunani A. et al. Fat oxidation, hormonal and plasma metabolite kinetics during a submaximal incremental test in lean and obese adults. *PLoS One*. 2014,9(2):e88707.
- [42] Chatzinikolaou A, Fatouros I, Petridou A, Jamurtas A, Avloniti A, Douroudos I, et al. Adipose tissue lipolysis is upregulated in lean and obese men during acute resistance exercise. *Diabetes Care*. 2008;31(7):1397-9.
- [43] Fatouros IG, Chatzinikolaou A, Tournis S, Nikolaidis MG, Jamurtas AZ, Douroudos II, et al. Intensity of resistance exercise determines adipokine and resting energy expenditure responses in overweight elderly individuals. *Diabetes Care*. 2009, 32(12):2161-7.

- [44] Wiklund P, Alen M , Munukka E, Cheng S , Yu B , Pekkala S , et al. Metabolic response to 6-week aerobic exercise training and dieting in previously sedentary overweight and obese premenopausal women: A randomized trial. *Med Sci Sports Exerc.* 2014, 217-224.
- [45] Nicklas BJ, Wang X, You T, Lyles MF, Demons J, Easter L, et al. Effect of exercise intensity on abdominal fat loss during calorie restriction in overweight and obese postmenopausal women: a randomized, controlled trial. *Am J Clin Nutr.* 2009, 89(4):1043-52.
- [46] Schwingshackl L, Dias S, Strasser B, Hoffmann G. Impact of different training modalities on anthropometric and metabolic characteristics in overweight/obese subjects: a systematic review and network meta-analysis. *PLoS One.* 2013;8(12).
- [47] Salvadori A, Fanari P, Marzullo P, Codecasa F, Tovaglieri I, Cornacchia M, et al. Short bouts of anaerobic exercise increase non-esterified fatty acids release in obesity. *Eur J Nutr.* 2014, 53(1):243-9.
- [48] Χασαπίδου Μ, Φαχαντίδου Α. Διατροφή για Υγεία, Άσκηση & Αθλητισμό. Ενεργειακό Ισοζύγιο και Ενεργειακές Ανάγκες Αθλουμένων. 1η Έκδοση, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις University Studio Press Α.Ε., 2008: 41-47.
- [49] Τοκμακίδης Σ, Αυλωνίτη Α. Εργαστηριακά Μαθήματα Εργοφυσιολογίας. Ενεργειακό Ισοζύγιο-Θερμιδομετρία. Κομοτηνή, 2014: 4-10.
- [50] Cabiddu R, Pantoni CB , Mendes RG, Trimer R, Catai AM , Borghi-Silva A. Inductive plethysmography potential as a surrogate for ventilatory measurements during rest and moderate physical exercise. *Braz J Phys Ther.* 2016; 20(2):184-8.
- [51] Αρβαντίδου Ε. Η επίδραση της έντασης της άσκησης στην ενεργειακή κατανάλωση κατά την αποκατάσταση. Πτυχιακή Εργασία. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο - Τμήμα Επιστήμης Διαιτολογίας - Διατροφής. Αθήνα, 2013.
- [52] Scott CB, Croteau A, Ravlo T. Energy expenditure before, during, and after the bench press. *J Strength Cond Res.* 2009;23(2):611-8.
- [53] Vezina JW, Der Ananian CA, Campbell KD, Meckes N, Ainsworth BE. An examination of the differences between two methods of estimating energy expenditure in resistance training activities. *J Strength Cond Res.* 2014;28(4):1026-31.



- [54] Aniceto RR, Ritti-Dias RM, Dos Prazeres TM, Farah BQ, de Lima FF, do Prado WL. Rating of Perceived Exertion During Circuit Weight Training: A Concurrent Validation Study. *J Strength Cond Res.* 2015 ;29(12):3336-42.
- [55] Β. Μούγιος. Βιοχημεία της άσκησης. 3η Έκδοση, Θεσσαλονίκη, Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδης, 2002: 265-298.
- [56] Κλεισούρας Β. Εργοφυσιολογία. Ενεργειακή Οικονομία. 10η Έκδοση, Αθήνα, Εκδόσεις Π.Χ. ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ, 2011: 190-191.
- [57] Νανάς Σ. Η καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κοπώσεως στην κλινική πράξη: Ο ρόλος της καρδιοαναπνευστικής δοκιμασίας κοπώσεως στην καρδιακή ανεπάρκεια. Αθήνα, Εκδόσεις Χάρη Ζεβελεκάκη, , 2004: 230.
- [58] Vezina J. Energy Expenditure of Resistance Training Activities in Young Men. Thesis. Arizona State University, 2011.
- [59] Ratamess NA, Rosenberg JG, Klei S, Dougherty BM, Kang J, Smith CR, et al. Comparison of the acute metabolic responses to traditional resistance, body-weight, and battling rope exercises. *J Strength Cond Res.* 2015;29(1):47-57.
- [60] Paoli A, Moro T, Marcolin G, Neri M, Bianco A, Palma A, et al. High-Intensity Interval Resistance Training (HIRT) influences resting energy expenditure and respiratory ratio in non-dieting individuals. *J Transl Med.* 2012;10:237.
- [61] Lagally KM, Cordero J, Good J, Brown DD, McCaw ST. Physiologic and metabolic responses to a continuous functional resistance exercise workout. *J Strength Cond Res.* 2009;23(2):373-9.
- [62] Χατζηνικολάου Α. Ο Μεταβολισμός των λιπιδίων κατά την άσκηση με αντιστάσεις. Ερευνητική Διατριβή, Κομοτηνή, 2008.
- [63] Ratamess, N.A., Falvo, M.J., Mangine, G.T., Hoffman, J.R., Faigenbaum, A.D. & Kang, J. (2007). The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 100(1):1-17.
- [64] Λαδικός Στ. Η Ενεργειακή κατανάλωση κατά την εκτέλεση ασκήσεων με βάρη για τους μύες του θώρακα. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Κομοτηνή, 2016.

- [65] Vianna JM, Werneck FZ, Coelho EF, Damasceno VO, Reis VM. Oxygen uptake and heart rate kinetics after different types of resistance exercise. *J Hum Kinet.* 2014;42:235-44.
- [66] Balachandran A, Martins MM, De Faveri FG, Alan O, Cetinkaya F, Signorile JF. Functional strength training: Seated machine vs standing cable training to improve physical function in elderly. *Exp Gerontol.* 2016;82:131-8.
- [67] Mookerjee S, Welikonich MJ, Ratamess NA. Comparison of Energy Expenditure During Single-Set vs. Multiple-Set Resistance Exercise. *J Strength Cond Res.* 2016;30(5):1447-52.
- [68] Mazzetti S, Douglass M, Yocum A, Harber M. Effect of explosive versus slow contractions and exercise intensity on energy expenditure. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(8):1291-301.
- [69] Ratamess NA, Rosenberg JG, Kang J, Sundberg S, Izer KA, Levowsky J, et al. Acute oxygen uptake and resistance exercise performance using different rest interval lengths: the influence of maximal aerobic capacity and exercise sequence. *J Strength Cond Res.* 2014;28(7):1875-88.
- [70] Farinatti P, Castinheiras Neto AG, Amorim PR. Oxygen Consumption and Substrate Utilization During and After Resistance Exercises Performed with Different Muscle Mass. *Int J Exerc Sci.* 2016;9(1):77-88.
- [71] Farinatti PT, Castinheiras Neto AG. The effect of between-set rest intervals on the oxygen uptake during and after resistance exercise sessions performed with large- and small-muscle mass. *J Strength Cond Res.* 2011;25(11):3181-90.
- [72] Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Stringer WW, Sietsema KE, Sun XG et al. Principles of Exercise Testing and Interpretation: Including Pathophysiology and Clinical Applications. 5<sup>th</sup> Edition. China, Wolters Kluwer- Lippincott Williams & Wilkins, 2012; 30-33.
- [73] Keytel LR, Goedecke JH, Noakes TD, Hiiloskorpi H, Laukkanen R, van der Merwe L, et al. Prediction of energy expenditure from heart rate monitoring during submaximal exercise. *J Sports Sci.* 2005;23(3):289-97.
- [74] Κλεισούρας Β. Εργοφυσιολογία. Αερόβια Ικανότητα. 10η Έκδοση, Αθήνα, Εκδόσεις Π.Χ. ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ, 2011: 225
- [75] Κλεισούρας Β. Εργοφυσιολογία. Ενεργειακά Συστήματα. Το γλυκολυτικό σύστημα: Βραχυπρόθεσμη ενέργεια. 10η Έκδοση, Αθήνα, Εκδόσεις Π.Χ. ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ, 2011: 66-68.

[76] Κλεισούρας Β. Εργοφυσιολογία. Ενεργειακά Συστήματα. Φάση αποκατάστασης: Περίσσεια οξυγόνου. 10η Έκδοση, Αθήνα, Εκδόσεις Π.Χ. ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ, 2011: 80-81.