

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η ενεργειακή δαπάνη ασκήσεων μυϊκής ενδυνάμωσης με σχοινιά μάχης

ΒΑΛΤΑΔΩΡΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Πτυχιούχος ΤΕΦΑΑ ΑΠΘ

Μεταπτυχιακός Φοιτητής του τμήματος Ιατρικής

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Δραγανίδης Δημήτριος, Επίκ. Καθηγητής, ΤΕΦΑΑ-Π.Θ - Επιβλέπων Καθηγητής

Φατούρος Ιωάννης, Καθηγητής, ΤΕΦΑΑ-ΠΘ - Μέλος Τριμελούς Επιτροπής

Τζιαμούρτας Αθανάσιος, Καθηγητής, ΤΕΦΑΑ-ΠΘ - Μέλος Τριμελούς Επιτροπής

Λάρισα, 2022

ENERGY EXPENDITURE OF MUSCLE STRENGTHENING EXERCISES WITH BATTLE ROPES

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	4
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
2. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	9
2.1. Προπόνηση με σχοινιά μάχης	9
2.2. Ενεργειακή δαπάνη	11
2.3. Μέτρηση της ενεργειακής δαπάνης σε ασκήσεις με σχοινιά μάχης	17
3. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	18
3.1. Σκοπός	18
3.2. Υλικό και Μέθοδος	18
3.2.1 Συμμετέχοντες	18
3.2.2 Πειραματικός σχεδιασμός	19
3.2.3 Περιγραφή των ασκήσεων	21
Εικόνα 6. (Burpee and slams with waves) Εικόνα 7. (Burpee and slams with waves)	24
3.2.4. Περιγραφή των δοκιμασιών	24
3.3. Αποτελέσματα	28
3.4. Συζήτηση	36
4. Βιβλιογραφία.....	45

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΩΝ

Εικόνα 1. Squat Waves	21
Εικόνα 2. Alternative waves with reverse lunge	22
Εικόνα 3. Side to side waves	22
Εικόνα 4. Split jack waves	23
Εικόνα 5. Split jack waves	23
Εικόνα 6. Burpee and slams with waves	24
Εικόνα 7. Burpee and slams with waves	24
Πίνακας 1. Περιγραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων	28,29
Σχήμα 1. Μεταβολή της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος	30
Σχήμα 2. Μέση καρδιακή συχνότητα στις πέντε ασκήσεις των δυο συνθηκών.....	31
Σχήμα 3. Καρδιακή συχνότητα	32
Σχήμα 4. Συνολική ενεργειακή δαπάνη	33
Σχήμα 5. Ενεργειακή δαπάνη οξειδωτικού συστήματος.....	34
Σχήμα 6. Ενεργειακή δαπάνη γλυκολυτικού συστήματος	35
Σχήμα 7. Ενεργειακή δαπάνη περίσσειας κατανάλωσης οξυγόνου	36

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ένας βασικός παράγοντας για την οργάνωση διαφόρων προγραμμάτων άσκησης, εκτός των άλλων, είναι και η έντονη διαλειμματική προπόνηση και η προπόνηση δύναμης. Το τελευταίο διάστημα προτείνεται όλο και περισσότερο, όχι μόνο για την καλύτερη ποιότητα υγείας και την μείωση του σωματικού βάρους που μπορεί να επιτευχθεί, αλλά και για τις μεταβολικές διεργασίες που συντελούνται και αφορά την αύξηση της θερμιδικής δαπάνης. Ωστόσο υπάρχει μεγάλη ποικιλία και διάφορες μεθοδολογίες και πρωτόκολλα που αφορούν τα προγράμματα ασκήσεων με αντιστάσεις, τα οποία καθιστούν σχετικά δύσκολη την σύγκριση μεταξύ των διαφόρων ερευνών και χρήζει την απαίτηση για περισσότερη έρευνα σε ότι αφορά την ενεργειακή κατανάλωση και την προπόνηση αντιστάσεων.

Στην παρούσα μελέτη υπολογίστηκε η ενεργειακή δαπάνη (ΕΔ) κατά την προπόνηση με σχοινιά μάχης (ΣΜ) ή Battle Ropes (BR) σε δύο πρωτόκολλα άσκησης, πέντε ίδιων ασκήσεων διάρκειας 30 δευτερολέπτων (ΣΜ30) και 45 δευτερολέπτων (ΣΜ45). Η ενεργειακή δαπάνη μετρήθηκε με την μέθοδο της έμμεσης θερμιδομετρίας, υπολογίζοντας την κατανάλωση οξυγόνου πριν την άσκηση, κατά την διάρκεια της άσκησης και μετά την άσκηση, έως ότου επανέλθει ο ασκούμενος σε αρχικά επίπεδα. Άλλες εξισώσεις που μετρήθηκαν ως παράμετροι και συνυπολογίστηκαν στην εξίσωση ήταν η ηλικία, το σωματικό βάρος, το φύλο, η καρδιακή συχνότητα. Ακόμη, μετρήθηκε το γαλακτικό οξύ πριν την άσκηση και 4 λεπτά ακριβώς μετά απ' αυτή και το πηλίκo ανταλλαγής αερίων (RER) μέσω του οποίου εκτιμούμε τα ενεργειακά υποστρώματα που οξειδώνονται για την παραγωγή ενέργειας.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κο Ιωάννη Φατούρο, διότι μου εμπιστεύθηκε την περάτωση της παρούσης εργασίας, τον επιβλέπων καθηγητή κο Δραγανίδη Δημήτριο, αλλά και όλους τους επιστήμονες και ερευνητές των εργαστηρίων Βιοχημείας και SmartLab του ΣΕΦΑΑ Τρικάλων του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, καθώς και τους φοιτητές/τριες του ίδιου τμήματος που συμμετείχαν στην διεκπεραίωση της έρευνας. Τέλος, η εργασία αυτή αφιερώνεται στην οικογένεια μου ως μια μικρή ανταμοιβή της όλης υποστήριξης, τόσο στα χρόνια των σπουδών μου, όσο και στην πορεία της ζωής μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εκτιμηθεί η ενεργειακή δαπάνη (ΕΔ) 5 ασκήσεων μυϊκής ενδυνάμωσης με σχοινιά μάχης (ΣΜ), σε δύο διαφορετικές χρονικές διάρκειες εκτέλεσης: 30 δευτερόλεπτα (ΣΜ30) και 45 δευτερόλεπτα (ΣΜ45). Στη μελέτη συμμετείχαν 10 υγιή νεαρά άτομα, ηλικίας 18-25 ετών. Πριν την έναρξη της μελέτης, οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε αξιολόγηση των σωματομετρικών τους χαρακτηριστικών, της σύστασης σώματος, του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας και της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου. Επιπλέον αξιολογήθηκε η μέγιστη δύναμη στις ασκήσεις πιέσεις στήθους και κάθισμα, και η μυϊκή αντοχή μέσω των δοκιμασιών κάμψεων και κοιλιακών. Έπειτα, οι συμμετέχοντες λάμβαναν μέρος με τυχαιοποιημένη σειρά στις 2 συνθήκες, όπου σε κάθε συνθήκη εκτελούσαν με τυχαιοποιημένη σειρά τις παρακάτω ασκήσεις: 1) squat waves, 2) alternative waves with reverse lunge, 3) side to side waves, 4) split jack waves και 5) burpee and slams with waves. Εκτελούσαν μία άσκηση ανά ημέρα, και συγκεκριμένα 1 σετ για την κάθε άσκηση. Για τον υπολογισμό της συνολικής ΕΔ σε κάθε άσκηση, υπολογίστηκε η συνεισφορά του οξειδωτικού συστήματος, του γλυκολυτικού συστήματος καθώς και η περίσσεια κατανάλωση οξυγόνου μετά το τέλος της άσκησης. Στη συνθήκη ΣΜ30, μεγαλύτερη ΕΔ προκλήθηκε από την άσκηση alternative waves with reverse lunge (24 kcals), ενώ η μικρότερη ΕΔ (14,3 kcals) παρατηρήθηκε στην άσκηση side to side waves. Στη συνθήκη ΣΜ45 μεγαλύτερη ΕΔ προκλήθηκε από την άσκηση burpee and slams with waves (31,1 kcals), ενώ την χαμηλότερη προκάλεσε η άσκηση side to side waves (16,6 kcals). Επίσης, η αύξηση της διάρκειας των ασκήσεων από 30 σε 45 δευτερόλεπτα, οδήγησε σε αύξηση της ΕΔ σε όλες τις ασκήσεις, εκτός της άσκησης alternative waves with reverse lunge (24 και 23,9 kcals, αντίστοιχα). Συμπερασματικά, και οι 2 συνθήκες ασκήσεων προκάλεσαν σημαντική αύξηση της ΕΔ, κάτι που θα πρέπει να λαμβάνετε υπόψιν από τους επαγγελματίες της άσκησης κατά τον σχεδιασμό προγραμμάτων άσκησης με στόχο είτε την απώλεια βάρους είτε τη διατήρηση ή αύξηση του, τόσο σε αθλητές όσο και σε ασκούμενους.

Λέξεις Κλειδιά: Ενεργειακή δαπάνη, σχοινιά μάχης, προπόνηση με αντιστάσεις, λειτουργική προπόνηση, κατανάλωση οξυγόνου

ABSTRACT

The purpose of the present study was to estimate the energy expenditure (EE) of 5 muscle strengthening exercises with battle ropes (BR), under two different duration conditions of 30 seconds (BR30) and 45 seconds (BR45). 10 healthy young men and women, aged 18-25, participated in the study. Initially, participants underwent measurements of somatometric characteristics, body composition by double energy X-ray absorptiometry, resting metabolic rate and maximal oxygen uptake. Moreover, their functional capacity, maximal strength in chest press and squat exercises and muscle endurance through the push-up and sit-up tests were evaluated. Participants were then randomized to 2 conditions in which they performed one of the following exercises daily for 5 consecutive days: 1) squat waves, 2) alternative waves with reverse lunge, 3) side to side waves, 4) split jack waves, and 5) burpees and slams with waves. EE was measured through oxygen uptake, heart rate and lactate concentration before the exercise and 4 minutes post-exercise. In the BR30, a greater EE was induced by the Alternative Waves with Reverse Lunge exercise (24 kcal), while the Side-to-Side Waves exercise elicited the lowest EE (14.3 kcal). In SM45, the highest EE was induced by the Burpee and Slams exercise (31.1 kcal), while the lowest by the Side-to-Side Waves exercise (16.6 kcal). Additionally, increasing the exercise duration from 30 to 45 seconds, resulted in an increase in EE in all exercises, except for the Alternative Waves with Reverse Lunge exercise (24 and 23.9 kilocalories respectively). In conclusion, both exercise conditions produced a significant increase in EE that health professionals should consider in order to implement more effective weight and fat loss, and/or strength training programs for the entire exercising population.

Keywords: Energy expenditure, battle ropes, strength training, functional training, oxygen consumption

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με μελέτες που έχουν διεξαχθεί, υπολογίζεται ότι ένας στους τρεις ενήλικες σε παγκόσμια κλίμακα, είναι υπέρβαρος ή παχύσαρκος ενώ εκτιμάται ότι δύο στους τρεις ενήλικες θα είναι υπέρβαροι ή παχύσαρκοι το 2030 (1). Η παχυσαρκία αποτελεί σημαντική απειλή για την υγεία, καθώς προάγει την εκδήλωση αρκετών χρόνιων νοσημάτων όπως διαβήτη τύπου 2, υπέρταση, καρδιαγγειακές παθήσεις και ορισμένα είδη καρκίνου τα οποία έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση της ποιότητας και του προσδόκιμου ζωής των ανθρώπων (2). Επιπλέον σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο εκδήλωσης γηριατρικών συνδρόμων καθώς επίσης και με σημαντική αύξηση του κινδύνου για πρόωρο θάνατο (3). Σύμφωνα με την Αμερικανική Καρδιολογική Εταιρεία (ΑΗΑ), συνιστάται η τακτική σωματική δραστηριότητα και ιδιαίτερα η μέτριας έως υψηλής έντασης άσκηση για ≥ 250 λεπτά/εβδομάδα για την βελτίωση της σύστασης σώματος και την απώλεια βάρους. Η άσκηση βελτιώνει τη σύσταση σώματος, προάγοντας τη μείωση του σωματικού λίπους σε υπέρβαρα και παχύσαρκα άτομα, ακόμη και σε περιπτώσεις όπου παρατηρείται μικρή ή καθόλου μακροπρόθεσμη επίδραση στο σωματικό βάρος (4). Αυτό συνεπάγεται την αποτροπή ανάκτησης του βάρους και την μείωση των παραγόντων κινδύνου που συνδέονται με την παχυσαρκία ακόμη και όταν δεν εντοπίζεται σημαντική απώλεια βάρους (5). Επιπλέον, αρκετές μελέτες διερεύνησαν την επίδραση διαφορετικών μεθόδων άσκησης (συνεχής μέθοδος μέτριας έντασης, υψηλής έντασης διαλειμματική, προπόνηση αντιστάσεων κ.α.) στην απώλεια βάρους, τη σύσταση σώματος, το μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας και την υγεία των ατόμων γενικότερα (6-10). Από τις μελέτες αυτές συμπεραίνεται ότι η υψηλής έντασης διαλειμματική προπόνηση επιφέρει μεγαλύτερες προσαρμογές και μάλιστα σε μικρότερο χρονικό διάστημα συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεθόδους προπόνησης (11). Συγκεκριμένα, οδηγεί σε μεγαλύτερη βελτίωση της απόδοσης, της σύστασης σώματος, της ευαισθησίας στην ινσουλίνη, στο μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας καθώς και στο λιπιδαιμικό προφίλ στο αίμα σε υπέρβαρους και παχύσαρκους ενήλικες (11-14). Ακόμα και σε υγιείς ενήλικες όμως, αρκετές μελέτες υποδεικνύουν ότι η άσκηση προκαλεί θετικές επιδράσεις στην υγεία, ανεξαρτήτως απώλειας ή όχι σωματικού βάρους (15, 16). Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι πολυάριθμες μελέτες έχουν περιγράψει το σημαντικό ρόλο της άσκησης στην απώλεια βάρους και τη βελτίωση της σύστασης σώματος, η ενεργειακή δαπάνη κατά την εκτέλεση λειτουργικών ασκήσεων, οι οποίες χρησιμοποιούνται ευρέως στον χώρο της άσκησης, δεν έχει διερευνηθεί μέχρι σήμερα. Η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στην εκτίμηση της θερμιδικής δαπάνης κατά τη διάρκεια εκτέλεσης διαφορετικών ασκήσεων με σχοινιά μάχης, συγκρίνοντας παράλληλα δυο διαφορετικές χρονικές διάρκειες εκτέλεσης (30 και 45 δευτερόλεπτα). Τόσο το ασκησιολόγιο όσο και ο χρόνος άσκησης επιλέχτηκαν με κριτήριο την κάλυψη όλων των βασικών κινητικών προτύπων (διποδικό, μονοποδικό, αντιθετικό, περιστροφικό, πίεση, έλξη και σύνθετο).

2. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1. Προπόνηση με σχοινιά μάχης

Βασικός στόχος για τους επαγγελματίες της άσκησης κατά τον σχεδιασμό ενός προπονητικού προγράμματος είναι η κατάλληλη επιλογή των ασκήσεων και ο καθορισμός των στοιχείων της επιβάρυνσης προκειμένου να επιτευχθούν οι προπονητικοί στόχοι. Νέες και καινοτόμες προπονητικές μέθοδοι αναπτύσσονται και εφαρμόζονται συνεχώς προκειμένου να παρέχουν στους επαγγελματίες άσκησης τη δυνατότητα να βελτιστοποιούν την αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων άσκησης αυξάνοντας ταυτόχρονα την προσκόλληση των ατόμων σε αυτά (17). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτών αποτελεί η άσκηση με σχοινιά μάχης (ΣΜ), η οποία εκτελείται με υπομέγιστο φορτίο και περιλαμβάνει ασκησιολόγιο κυρίως για το άνω μέρος του σώματος (18). Η εκτέλεση ασκήσεων με ΣΜ βασίζεται στη δημιουργία κυμάτων με σχοινί του οποίου το μήκος κυμαίνεται από 9 έως 15 μέτρα, η διάμετρος από 3 έως 5 εκατοστά και βάρος μέχρι 16 κιλά. Σε κάθε προπονητική συνεδρία εκτελούνται πολλαπλά σετ και επαναλήψεις μέγιστης προσπάθειας των οποίων η διάρκεια κυμαίνεται από 10 έως 30 δευτερόλεπτα (17). Η ένταση και ο βαθμός δυσκολίας των ασκήσεων με ΣΜ καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά του σχοινοῦ και συγκεκριμένα το μήκος, το βάρος και τη διάμετρό του, καθώς επίσης και από την ταχύτητα εκτέλεσης αλλά και το μέγεθος των κυμάτων που δημιουργούνται (19). Επιπλέον, σημαντικό πλεονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου προπόνησης αποτελεί το γεγονός ότι μπορεί να αποτελέσει ένα πλήρες, αυτόνομο προπονητικό πρόγραμμα ή να συνδυαστεί με άλλες προπονητικές μεθόδους (19). Η προπόνηση με ΣΜ χαρακτηρίζεται ως μια έντονη μεταβολική προπόνηση καθώς επιφέρει σημαντικές προσαρμογές τόσο στη δύναμη και την καρδιοαναπνευστική ικανότητα όσο και στη σύσταση σώματος (17). Οι καρδιαγγειακές και μεταβολικές απαιτήσεις της προπόνησης με ΣΜ είναι αρκετά υψηλές και γι' αυτό το λόγο η συγκεκριμένη προπονητική μέθοδος εφαρμόζεται κατά κύριο λόγο από άτομα που έχουν συνηθίσει να ασκούνται με υψηλής έντασης προπονητικά πρωτόκολλα (17). Χαρακτηριστικά, η καρδιακή συχνότητα κατά τη διάρκεια εκτέλεσης ασκήσεων με ΣΜ μπορεί να φτάσει στο 86% της μέγιστης (20).

Τα πρωτόκολλα ασκήσεων με ΣΜ χρησιμοποιούνται για μια ποικιλία προπονητικών στόχων συμπεριλαμβανομένης της αύξησης της δύναμης, της ισχύος, της μυϊκής αντοχής και της ευκινησίας ενώ ταυτόχρονα προκαλούν σημαντικές μεταβολικές και καρδιαγγειακές προσαρμογές (17). Σε πρόσφατη μελέτη διαπιστώθηκε σημαντική αύξηση στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ($\dot{V}O_{2max}$) κατά 6% μετά από 3 εβδομάδες υψηλής έντασης διαλειμματικής προπόνησης (HIIT) με ΣΜ (14 επαναλήψεις x 30-45 δευτερόλεπτα, με 60 δευτερόλεπτα ενεργητικής αποκατάστασης) και συχνότητα 3 φορές/εβδομάδα (21). Επιπλέον, παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση και στη δύναμη του άνω μέρους του σώματος, καθώς τόσο

οι γυναίκες όσο και οι άνδρες που έλαβαν μέρος στη συγκεκριμένη μελέτη, ήταν σε θέση να εκτελέσουν κατά μέσο όρο 7 και 10 επιπλέον κάμψεις αντίστοιχα, μετά την παρέμβαση (21). Σε άλλη μελέτη αναφέρεται ότι η προπόνηση με ΣΜ προκάλεσε μεγαλύτερη βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας, της ικανότητας παραγωγής ισχύος, της δύναμη του άνω και κάτω μέρους του σώματος, της αντοχή του πυρήνα, αλλά και της ακρίβειας στο σουτ σε παίχτες καλαθοσφαίρισης, συγκριτικά με την παραδοσιακή προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης (22). Επιπρόσθετα, σε πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση η οποία εξέτασε τη μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού τόσο κατά τη διάρκεια όσο και μετά την εκτέλεση ασκήσεων με ΣΜ, παρατηρήθηκε ότι η άσκηση που διεξάγεται από τα άνω άκρα, είχε ταχύτερη απόσυρση της παρασυμπαθητικής δραστηριότητας συγκριτικά με την άσκηση που διεξάγεται με τα κάτω άκρα (20). Συνεπώς, η άσκηση με ΣΜ μπορεί να αποτελέσει μια πολύ καλή επιλογή ακόμα και για άτομα που δεν μπορούν να σταθούν ή κινηθούν αποτελεσματικά με τα κάτω άκρα, με σκοπό τη βελτίωση της καρδιαγγειακής λειτουργίας (20).

Σύμφωνα με αποτελέσματα μελετών που εξετάζουν τις τάσεις και τις προτιμήσεις των ασκούμενων, όσο αναφορά τις προπονητικές μεθόδους, η άσκηση με ΣΜ είναι μία από τις τελευταίες τάσεις γυμναστικής που χρησιμοποιούνται στα γυμναστήρια σε όλο τον κόσμο, καθώς χρησιμοποιείται ως προπονητική μέθοδος για ασκούμενους όλων των ηλικιών, αλλά και για υψηλού επιπέδου αθλητές (23). Μέχρι σήμερα, η προπόνηση με ΣΜ έχει εφαρμοστεί σε διάφορες πληθυσμιακές ομάδες και προπονητικά προγράμματα, όπως τα μαθήματα φυσικής αγωγής, τη γυμναστική καθώς και την εκπαίδευση τακτικών αθλητών (24). Επίσης εφαρμόζεται σε αθλητές Αμερικάνικου ποδοσφαίρου και σε αθλητές μικτών πολεμικών τεχνών (25). Παρουσιάζει υψηλή προσκόλληση των ασκούμενων, καθότι δεν απαιτεί ιδιαίτερο εξοπλισμό, έχει μικρό κόστος, ενεργοποιεί πολλές μυϊκές ομάδες κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης και είναι ευχάριστη για τους συμμετέχοντες (26). Ωστόσο, σημαντική εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου αποτελεί το γεγονός ότι μπορεί να προάγει την απώλεια βάρους και τη μείωση του σωματικού λίπους, καθώς προκαλεί σημαντική αύξηση της θερμιδικής δαπάνης και μάλιστα σε μεγαλύτερο βαθμό από άλλα είδη παραδοσιακής άσκησης αντιστάσεων (24). Ο συγκεκριμένος τύπος άσκησης προκαλεί μεγαλύτερη ενεργοποίηση, τόσο του οξειδωτικού, όσο και του γλυκολυτικού ενεργειακού συστήματος, συγκριτικά με την παραδοσιακή μέθοδο προπόνησης μεγαλύτερης διάρκειας (δηλαδή 40-90 λεπτά) με σταθερή ένταση και ειδικά για άτομα που έχουν λίγο χρόνο στη διάθεσή τους να ασκηθούν (18).

Στην προπόνηση με ΣΜ, μεγάλος αριθμός ασκήσεων περιλαμβάνουν τη δημιουργία κυματισμών με ένα ή δύο χέρια, ενώ πολλές παραλλαγές αυτών μπορούν να προκύψουν χρησιμοποιώντας διαφορετικές στάσεις σώματος (όρθια, γονατιστή, προβολές, καθίσματα-squats) και συνδυασμό αυτών με πλειομετρικές κινήσεις (πλευρικές κινήσεις, άλματα, κ.α.) (27). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση της καρδιακής συχνότητας (ΚΣ) ή/και της αρτηριακής πίεσης μετά την άσκηση (28). Μάλιστα, σε σύγκριση

που έγινε μεταξύ ασκήσεων με το σωματικό βάρος, ασκήσεων με ΣΜ και της παραδοσιακής προπονήσεως με αντιστάσεις αναφορικά με τις μεταβολικές αποκρίσεις, διαπιστώθηκε ότι η χρήση των ΣΜ προκάλεσε μεγαλύτερη αύξηση της κατανάλωσης οξυγόνου (VO_2) (κατά 51%), του πνευμονικού αερισμού και της καρδιακής συχνότητας συγκριτικά με τις άλλες δυο μεθόδους (19). Σημαντική αύξηση παρατηρήθηκε και στην ενεργοποίηση του γλυκολυτικού συστήματος μετά από την εφαρμογή προπονητικού πρωτοκόλλου με ΣΜ (συνολικής διάρκειας 4 εβδομάδων με συχνότητα 3 φορές/εβδομάδα), καθώς η συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα με το τέλος της συνεδρίας, αυξήθηκε κατά 8,17 - 9,36 mmol/L και 9,17 - 11,06 mmol/L στις γυναίκες και τους άνδρες συμμετέχοντες, αντίστοιχα (18). Όσον αφορά τη διαφορετική απόκριση των μεταβολικών συστημάτων στην άσκηση με ΣΜ μεταξύ ανδρών και γυναικών, αυτή φαίνεται να αποδίδεται στη διαφορά που εντοπίζεται στο σωματικό βάρος μεταξύ των δύο φύλων (17).

Εκτός από τις μεταβολικές αποκρίσεις, σημαντική είναι η επίδραση της προπόνησης με ΣΜ και σε δείκτες φυσικής απόδοσης. Συγκεκριμένα, σε μελέτη η οποία εξέτασε την επίδραση της προπόνησης με ΣΜ σε νεαρές μαθήτριες, διαπιστώθηκε σημαντική βελτίωση της δύναμης χεριών και ποδιών, της ευκινήσιας και του συντονισμού, καθώς επίσης και της επίδοσής τους (απόσταση ρίψης) στη δισκοβολία, με το ποσοστό βελτίωσης στις παραπάνω παραμέτρους να κυμαίνεται από 20% έως 58% (23). Επίσης, αλλού αναφέρεται ότι η συνδυαστική εκτέλεση ενός πρωτοκόλλου άσκησης με τη χρήση ΣΜ επάνω σε πλατφόρμα δόνησης, επιφέρει σημαντική αύξηση της δραστηριότητας των μυών τόσο του άνω μέρους (δικέφαλος και τρικέφαλος βραχιόνιος), όσο του κάτω (ορθός μηριαίος) αλλά και του κορμού (ορθός κοιλιακός) (29). Τέλος, αναφέρεται ότι μεγαλύτερη βελτίωση της λειτουργικής ικανότητας όπως αυτή αξιολογήθηκε μεσώ της δοκιμασίας FMS (Functional Movement Screen), παρατηρήθηκε μετά από προπόνηση η οποία συνδύαζε ασκήσεις σχοινιών μάχης και ασκήσεις εδάφους, συγκριτικά με τις παραδοσιακές ασκήσεις δαπέδου, κάτι που φαίνεται να αποδίδεται στην καλύτερη προσομοίωση των λειτουργικών προτύπων κίνησης στο συνδυαστικό μοντέλο άσκησης (25).

2.2. Ενεργειακή δαπάνη

Η ενεργειακή δαπάνη (ΕΔ) αναφέρεται στις θερμίδες που δαπανούνται από ένα άτομο κατά τη διάρκεια της ημέρας (30). Από την άλλη πλευρά, η ενεργειακή πρόσληψη (ΕΠ) αναφέρεται στις θερμίδες που καταναλώνει το άτομο μέσω της τροφής (30). Η ΕΔ και η ΕΠ καθορίζουν το ενεργειακό ισοζύγιο (30). Όταν ΕΔ και ΕΠ είναι ίσες, το σωματικό βάρος διατηρείται, όταν υπερτερεί η ΕΔ (αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο) παρατηρείται απώλεια σωματικού βάρους, ενώ στην περίπτωση που υπερέχει η θερμιδική πρόσληψη (θετικό ενεργειακό ισοζύγιο) το σωματικό βάρος αυξάνεται (31). Η συνολική ημερήσια θερμιδική δαπάνη αποτελεί το άθροισμα το θερμίδων που δαπανώνται λόγω: α) του βασικού μεταβολικού

ρυθμού (BMP), β) της τροφογενούς θερμογένεσης, γ) της φυσικής δραστηριότητας ή/και δ) της άσκησης/προπόνησης (32).

Ο BMP αποτελεί περίπου το 60-70% της συνολικής ΕΔ για ένα μέσο άτομο και επηρεάζεται από παράγοντες όπως η ηλικία, το φύλο, η άλιπη σωματική μάζα, η λιπώδης μάζα και η μειωμένη θερμοϊδική πρόσληψη (π.χ. περίοδος νηστείας) (33). Άτομα με μεγαλύτερη μυϊκή μάζα και μικρότερο ποσοστό λιπώδους ιστού παρουσιάζουν αυξημένο BMP (4). Το γεγονός ότι τα άτομα με μεγαλύτερη σωματική διάπλαση παρουσιάζουν υψηλότερο BMP, εξηγεί και το γιατί οι γυναίκες έχουν χαμηλότερο BMP συγκριτικά με τους άνδρες (34). Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι τόσο σε νεαρά όσο και σε ηλικιωμένα άτομα, μία μόνο συνεδρία άσκησης, είτε με αντιστάσεις, είτε με κάποιο πρωτόκολλο καρδιοαναπνευστικής επιβάρυνσης, αυξάνει το BMP έως και 48 ώρες μετά (35). Όσον αφορά την τροφογενή θερμογένεση, αυτή υπολογίζεται ότι καλύπτει ένα 5-10% της συνολικής ημερήσιας ΕΔ (36). Αυξάνεται μετά από ένα γεύμα και αντιπροσωπεύει την ΕΔ για την επεξεργασία και αποθήκευση των μακρο- και μικρο-θρεπτικών συστατικών της τροφής (36). Παρουσιάζει θετική συσχέτιση με το μέγεθος των γευμάτων, την ποσότητα υδατανθράκων και πρωτεϊνών και αρνητική συσχέτιση με τα διαιτητικά λίπη και την ποσότητα λιπαρών φυτικής προέλευσης (36). Η ηλικία, το φύλο και το επίπεδο φυσικής δραστηριότητας αποτελούν επίσης παράγοντες που μπορούν να την επηρεάσουν (36).

Η ΕΔ φυσικής δραστηριότητας και άσκησης αποτελεί περίπου το 5% έως και περισσότερο του 25% της συνολικής ημερήσιας ΕΔ (37). Παρουσιάζει μεγάλη μεταβλητότητα και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι επηρεάζεται από το επίπεδο φυσικής δραστηριότητας/άσκησης, το είδος, την ένταση και τη διάρκεια της δραστηριότητας/άσκησης, την ηλικία, το φύλο αλλά και κληρονομικά χαρακτηριστικά (38, 39). Ανάλογα με το είδος, την ένταση και τη διάρκεια της άσκησης, μεταβάλλεται τόσο η συνολική θερμοϊδική δαπάνη όσο και η ποσοστιαία συνεισφορά των ενεργειακών συστημάτων σε αυτή (40). Πιο συγκεκριμένα, κατά την άσκηση με αντιστάσεις, τόσο η κατανάλωση οξυγόνου, όσο και η ΕΔ, επηρεάζονται από 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 (41). Ασκήσεις οι οποίες περιλαμβάνουν την ενεργοποίηση μεγάλων μυϊκών ομάδων, προκαλούν μεγαλύτερη ΕΔ συγκριτικά με εκείνες που ενεργοποιούν μικρότερες μυϊκές ομάδες (42). Ενδεικτικά, η εκτέλεση πιέσεων στήθους - bench press, προκαλεί μια ΕΔ 10,49 θερμίδες/λεπτό και 16,25 θερμίδες/λεπτό όταν εκτελούνται με ένταση που αντιστοιχεί στο 40% και 70% της 1 μέγιστης επανάληψης (ΜΕ) αντίστοιχα (43). Επιπρόσθετα, στους άνδρες η ΕΔ είναι μεγαλύτερη σε σχέση με αυτή των γυναικών όταν εκτελούν το ίδιο πρωτόκολλο άσκησης με αντιστάσεις, κάτι που αποδίδεται κατά κύριο λόγο στη μεγαλύτερη ποσότητα άλιπης σωματικής μάζας στους άνδρες (42).

Για την εκτίμηση της ΕΔ κατά την άσκηση απαιτείται ο υπολογισμός της συνεισφοράς σε αυτή: α) του οξειδωτικού συστήματος, β) του γλυκολυτικού συστήματος και γ) της περίσσειας κατανάλωσης οξυγόνου μετά την άσκηση (EPOC) (44). Συνεπώς, θα πρέπει να μετρηθούν η κατανάλωση οξυγόνου (VO_2) κατά τη διάρκεια της άσκησης, η μεταβολή της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος (BLa) στο αίμα, καθώς και η περίσσεια κατανάλωση οξυγόνου μετά το τέλος της άσκησης (EPOC) (44).

Η ΕΔ της άσκησης προκύπτει από τον κύκλο εργασιών του ATP (adenosine triphosphate - Τριφωσφορική Αδενοσίνη), δηλαδή από τη μεταφορά ενέργειας κατά την υδρόλυση του ATP για την τροφοδότηση του μυϊκού έργου (χημειομηχανική μετατροπή) και τη μεταβολική ανασύνθεση του ATP (π.χ. μετατροπή της γλυκόζης σε ATP) (45). Λόγω των εγγενών δυσκολιών στη μέτρηση της απώλειας θερμότητας, η πρόσληψη οξυγόνου παραμένει η πιο δημοφιλής μέθοδος για την εκτίμηση της παραγωγής θερμότητας και κατά συνέπεια της ΕΔ (45).

Ο υπολογισμός της ΕΔ γίνεται με την έμμεση θερμιδομετρία, όπου εκτιμάται η μεταβολική παραγωγή θερμότητας κατά τη διάρκεια της άσκησης ή σε κατάσταση ηρεμίας μέσω καταγραφής και ανάλυσης των αναπνευστικών αερίων (VO_2 και VCO_2) (30). Οι Wilmore και συν., ήταν οι πρώτοι που επιχείρησαν να ποσοτικοποιήσουν την ΕΔ κατά τη διάρκεια άσκησης και το έκαναν εφαρμόζοντας έμμεση θερμιδομετρία, όχι μόνο κατά τη διάρκειά της άσκησης αλλά και κατά τη φάση της αποκατάστασης μετά την άσκηση, μέχρι η κατανάλωση οξυγόνου των ατόμων να επιστρέψει στα αρχικά επίπεδα $\dot{\text{V}}\text{O}_2$ πριν την άσκηση (46). Ωστόσο αυτή η μέθοδος εκτίμησης της ΕΔ δεν είναι απόλυτα έγκυρη, ιδίως όταν η άσκηση είναι υψηλής έντασης ή/και διαλειμματικής μορφής, καθώς σε αυτή την περίπτωση αυξάνεται σε σημαντικό βαθμό η συμβολή του γλυκολυτικού συστήματος στην ΕΔ (30, 46). Για τον προσδιορισμό της συνεισφοράς του οξειδωτικού συστήματος στην ΕΔ θα πρέπει αν πραγματοποιηθεί συνεχόμενη μέτρηση της VO_2 κατά διάρκεια της άσκησης μέσω φορητού αναλυτή αερίων, ενώ για την εκτίμηση της ΕΔ ως αποτέλεσμα ενεργοποίησης του γλυκολυτικού συστήματος απαιτείται ο υπολογισμός της μεταβολής των επιπέδων γαλακτικού οξέος στο αίμα (Συγκέντρωση μετά την άσκηση – Συγκέντρωση πριν την άσκηση) (41). Η τιμή ηρεμίας του γαλακτικού κυμαίνεται γύρω στο 1 mmol/L, ενώ μετά έντονη άσκηση μπορεί να φτάσει και τα 25 mmol/L (47).

Έχει αναφερθεί ότι ακόμα και μια μικρή συνεισφορά του γλυκολυτικού συστήματος στην ΕΔ, σε περίπτωση που δε ληφθεί υπόψη, οδηγεί σε υποεκτίμηση της συνολικής ΕΔ κατά τη διάρκεια μιας κυκλικής προπόνησης με βάρη, ανεξάρτητα από την επιλογή των ασκήσεων (μηχανήματα, ελεύθερα βάρη ή συνδυασμός ασκήσεων με αντιστάσεις και τρέξιμο) (43). Η ΕΔ κατά την προπόνηση με βάρη στις εντάσεις που συνήθως γίνεται, προέρχεται κυρίως από την ενεργοποίηση του γλυκολυτικού συστήματος (41). Ως δείκτης για την εκτίμηση της αναλογίας των ενεργειακών υποστρωμάτων (λίπη, υδατάνθρακες,) που οξειδώνονται, υπολογίζεται το πηλίκο της ανταλλαγής αερίων κατά την άσκηση (41). Ο λόγος της

μεταβολικής ανταλλαγής αερίων CO_2/O_2 ορίζεται ως αναπνευστικό πηλίκο ή RQ ή RER, με τιμές που κυμαίνονται από 0,7 μέχρι και ~1,4, και αυτό γιατί απαιτούνται διαφορετικές ποσότητες O_2 για την οξείδωση λιπών, πρωτεϊνών και υδατανθράκων, λόγω της διαφορετικής χημικής σύστασής τους (48). Η τιμή RQ για τα λίπη θεωρείται ότι είναι 0,7, για τους υδατάνθρακες θεωρείται ότι είναι 1 ενώ για τις πρωτεΐνες είναι 0,82. Κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων χρησιμοποιείται μείγμα ενεργειακών υποστρωμάτων που κυμαίνονται από 0,7 έως 1,0 (48). Τα αποκλίνοντα αποτελέσματα μεταξύ των ερευνητών σχετικά με τις επιδράσεις της προπόνησης στην ημερήσια ενεργειακή δαπάνη μπορεί να οφείλονται εν μέρει στις διαφορετικές μεθοδολογίες που εφαρμόζονται ή/και σε διαφορές μεταξύ των πειραματικών σχεδιασμών (49).

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης, η κατανάλωση οξυγόνου παραμένει αυξημένη για αρκετά λεπτά ή ώρες μέχρι να επανέλθει στα αρχικά επίπεδα (50). Το φαινόμενο αυτό αποκαλείται "περίσσεια κατανάλωση οξυγόνου" (EPOC, Excess Post-Exercise Oxygen Consumption) και περιγράφει την ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται ώστε να επανέλθει η μεταβολική λειτουργία του σώματός στα φυσιολογικά επίπεδα ηρεμίας (ομοιόσταση) (50). Οι Gaesser and Brooks (1984) εισήγαγαν τον ουδέτερο ως προς την αιτιώδη συνάφεια όρο: "υπερκατανάλωση οξυγόνου μετά την άσκηση" ή EPOC, ο οποίος περιλαμβάνει την παρατεταμένη αύξηση της VO_2 , δηλαδή την "επιπλέον" ενεργειακή ζήτηση κατά την περίοδο αποκατάστασης, όπου η ΕΔ παραμένει υψηλότερη από τον βασικό μεταβολικό ρυθμό για ορισμένο χρονικό διάστημα το οποίο μπορεί να διαρκέσει μέχρι και κάποιες ώρες μετά την άσκηση (51). Αναφέρεται ότι μετά από μια έντονη προπόνηση αντιστάσεων, η VO_2 δεν επιστρέφει αμέσως στις τιμές ηρεμίας και ότι αυτή η αυξημένη κατανάλωση οξυγόνου, που σημαίνει κατανάλωση περισσότερων θερμίδων, οδηγεί σε μια αυξημένη κατανάλωση ενέργειας λόγω της προσωρινής αύξησης του μεταβολισμού (51). Ακόμη, αλλού αναφέρεται ότι λίγα είναι γνωστά σχετικά με την επίδραση της διάρκειας και της έντασης στο φαινόμενο αυτό, σε προπονημένες γυναίκες στις οποίες έχει ελεγχθεί ο χρόνος του εμμηνορροϊκού κύκλου (52). Εξετάστηκαν οι επιδράσεις μιας σταθερής έντασης βάδισης σε διάδρομο (70% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου $\text{VO}_{2\text{max}}$), σε διάφορα επίπεδα διάρκειας (20, 40 και 60 λεπτά) στην ανάκτηση της πρόσληψης οξυγόνου (VO_2), σε 3 ώρες, και τα δεδομένα έδειξαν ότι η διάρκεια της άσκησης αυξάνει σημαντικά την EPOC και ότι η διάρκεια των 60 λεπτών αποδίδει περίπου διπλάσια EPOC, από ό,τι τα 20 ή 40 λεπτά (52).

Η ακριβής μέτρηση της ΕΔ κατά την άσκηση με αντιστάσεις είναι χρήσιμη κατά το σχεδιασμό προγραμμάτων προπόνησης που εστιάζουν στην αλλαγή της σύστασης του σώματος (34). Σύμφωνα με την Αμερικάνικη Αθλητιατρική Εταιρεία (ACSM) συνιστάται η άσκηση έντασης 60-85% της $\text{VO}_{2\text{max}}$ για τη βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας και δαπάνη ~150-400 θερμίδων/ημέρα (53). Εναλλακτικά προτείνεται τουλάχιστον 30 λεπτά σωματικής δραστηριότητας την ημέρα, τις περισσότερες

ημέρες της εβδομάδας (≥ 5 φορές), με μέτρια ή υψηλή ένταση και ελάχιστη ΕΔ κατά μέσο όρο 8,0 χιλιοθερμίδες/λεπτό κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας, ώστε να διευκολύνεται η διατήρηση του σωματικού βάρους και την πρόληψη των σχετικών χρόνιων ασθενειών (54). Η καλύτερη γνώση του θερμιδικού κόστους της σωματικής δραστηριότητας μπορεί να ωφελήσει μια υπέρβαρη κοινωνία (44). Η μείωση του σωματικού λίπους βασίζεται, εν μέρει, σε οξεία ΕΚ κατά τη διάρκεια κάθε προπονητικής συνεδρίας και την πρόσθετη ΕΚ που παρατηρείται (34).

Δεδομένου ότι η κύρια αιτία της παχυσαρκίας είναι μια χρόνια ανισορροπία μεταξύ ΕΠ και ΕΔ, υπέρ της πρώτης, η καταπολέμησή της είναι η δημιουργία αρνητικού ενεργειακού ισοζυγίου. Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι η πιο αποτελεσματική προσέγγιση για την επίτευξη αρνητικού ενεργειακού ισοζυγίου, είναι ένας συνδυασμός διατροφής, άσκησης και αλλαγής συνηθειών (55). Πολλές φορές όμως, υπάρχει και επαναπρόσληψη βάρους, που ακόμη και ένας μικρός βαθμός αύξησής του (π.χ. 2% έως 6%), φαίνεται να αντιστρέφει τα μεταβολικά οφέλη της απώλειάς του (55). Αυτό μπορεί να είναι αποτέλεσμα φυσιολογικών και ψυχολογικών αλλαγών (όπως αλλαγές στην όρεξη και στα επίπεδα των ορεξιογόνων ή ανορεξιογόνων ορμονών, μείωση του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας και χαμηλότερη συμμόρφωση με τις αλλαγές στον τρόπο ζωής) (55).

Λόγω του ότι υπάρχει συνεχιζόμενη αύξηση των υπέρβαρων ατόμων και γενικά της παχυσαρκίας, σε συνδυασμό με τη δυσκολία αντιμετώπισης αυτών των καταστάσεων, καθιστά αναγκαία την ανάπτυξη νέων στρατηγικών για την πρόληψη της. Όσο αναφορά την επιλογή του τύπου προγράμματος προπόνησης και του μέσου που θα χρησιμοποιηθεί, αλλά και την εφαρμογή μεθοδολογιών λειτουργικής προπόνησης που στοχεύουν στην μεταβολική προετοιμασία για την απώλεια λίπους, αυτό εξαρτάται από διάφορους παράγοντες (17). Η ΕΔ σε μια συνεδρία ΠΔ σχετίζεται με τον όγκο, την ένταση και τη διάρκεια, οι οποίες με τη σειρά τους σχετίζονται με την οργάνωση της προπονητικής συνεδρίας (54). Επειδή η καρδιοαναπνευστική ικανότητα και η μυϊκή δύναμη αποτελούν ισχυρούς προγνωστικούς παράγοντες της μελλοντικής υγείας σε άτομα κάθε ηλικίας και φύλου, για πολλούς η αερόβια άσκηση αποτελεί την κύρια επιλογή άσκησης κατά το σχεδιασμό προγραμμάτων μείωσης βάρους (43).

Υπάρχει όμως, μια χρόνια θετική επίδραση στο επίπεδο απώλειας σχετικού σωματικού λίπους, με το συνδυασμό προπόνησης δύναμης (ΠΔ) και την αερόβια προπόνηση (ΑΠ) (56). Αυτά τα ευρήματα επιτρέπουν στους προπονητές μια διαφοροποίηση στον προγραμματισμό της προπονητικής συνεδρίας, που ανταποκρίνεται στις προτιμήσεις των ασκούμενων, μειώνει τη μονοτονία της προπόνησης και επιτρέπει την αλλαγή της προπονητικής ρουτίνας, χωρίς να αλλάζει ο κύριος στόχος, που είναι η αυξημένη ΕΔ (56). Αλλού αναφέρεται ότι η ΠΔ αποτελεί έναν βασικό παράγοντα για τον σχεδιασμό διαφόρων προγραμμάτων άσκησης, για τα οποία πρέπει να συμπεριλάβουμε υπόψιν παράγοντες όπως, την ΕΚ, αύξηση της ημερήσιας θερμιδικής δαπάνης ή ακόμη και διατήρηση του σωματικού βάρους, την αλλαγή της σύστασης

του σώματος και τι συνδυασμός μεταβλητών (έντασης, όγκου, διάρκειας, χρόνου αποκατάστασης, είναι πιο αποτελεσματικός, ιδιαίτερα όταν στόχος είναι η μείωση του σωματικού λίπους) (54). Το είδος της άσκησης, ο εξοπλισμός, οι επαναλήψεις και τα σετ ανά συνεδρία, ο χρόνος εκτέλεσης, το διάστημα αποκατάστασης και η σειρά εκτέλεσης ασκήσεων, μπορεί να συμβάλλουν στην εξήγηση της ασυνεπούς και ευρέως διαφοροποιημένης ΕΔ κατά τη διάρκεια των συνεδριών ΠΔ (54). Σε μελέτη που εξέτασε άτομα κολεγιακού πληθυσμού, αναφέρεται ότι, ένα ελάχιστο πρόγραμμα ΠΔ, μπορεί να παρέχει ένα επαρκές ερέθισμα για να επηρεάσει το ενεργειακό ισοζύγιο, οδηγώντας σε αύξηση της ΕΔ και να αποτρέψει τη μακροπρόθεσμη αύξηση του βάρους ή του σωματικού λίπους (57). Ωστόσο, παραμένει ασαφές ως προς το ποια είναι η πιο σημαντική μεταβλητή (αριθμός σετ, επαναλήψεων ή συνολικό φορτίο) για τη μεγιστοποίηση της ΕΔ κατά τη διάρκεια της ΠΔ. Αρκετές μελέτες έχουν αναλύσει την απόκριση της ΕΔ στην ΠΔ. Οι μεταβλητές όγκου και έντασης εμφανίζουν μια αντίστροφη σχέση, σύμφωνα με την οποία υψηλότεροι όγκοι εντός της συνεδρίας συνδέονται με χαμηλότερες εντάσεις προπόνησης (δηλαδή περισσότερες επαναλήψεις) και αντίστροφα (54).

Σε μια έρευνα που μελέτησε 140 προεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, μεταξύ των ηλικιών 20-44 ετών, χωρίς καμία προπόνηση κατά τη διάρκεια του προηγούμενου έτους, υπέρβαρες ($\Delta\text{ΜΣ} > 27$ και < 30), αναφέρθηκε απώλεια βάρους μέχρι να επιτύχουν $\Delta\text{ΜΣ} < 25$, κατά τη διάρκεια μιας δίαιτας 800 χιλιοθερμίδων/ημέρα ακολουθώντας συγκεκριμένη διατροφή. Μια ομάδα προπονήθηκε αερόβια 3 φορές/εβδομάδα (40 λεπτά/ημέρα), μια άλλη προπονήθηκε με αντιστάσεις 3 φορές/εβδομάδα (10 ασκήσεις/2 σετ x 10 επαναλήψεις) και η τρίτη ομάδα δεν ασκήθηκε (58). Τα αποτελέσματα αναφέρουν ότι συνολική ΕΔ και ο μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας μειώθηκαν μετά την απώλεια βάρους για την ομάδα χωρίς άσκηση, αλλά όχι για τους ασκούμενους με αερόβια άσκηση και ασκήσεις με αντιστάσεις και ότι μόνο ο μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας μειώθηκε στις δύο ομάδες άσκησης (58). Οι ασκούμενοι με αντιστάσεις αύξησαν το ισοδύναμο χρόνου που σχετίζεται με τη δραστηριότητα. Η ΚΣ και η VO_2 κατά το περπάτημα σε επίπεδη επιφάνεια και σε ανηφόρα, σχετίστηκαν σταθερά με την συνολική ΕΔ, την ΕΔ που σχετίζεται με τη δραστηριότητα και τη θερμογένεση χωρίς άσκηση (58).

Σε άλλη μελέτη που εξέτασε άτομα ηλικίας 18 έως 40 ετών, με $\Delta\text{ΜΣ}$ 25 έως 35, παρέμβασης 12 εβδομάδων που περιλάμβανε 3 γκρουπ: 1) ελέγχου, 2) αυτοί που εκτέλεσαν 2 φορές άσκηση 90-120 λεπτά/προπόνηση/εβδομάδα και 3) αυτοί που εκτέλεσαν 6 φορές άσκηση 40-60 λεπτά/προπόνηση/εβδομάδα, ανέφερε, ότι το 3ο γκρουπ κατανάλωσε περισσότερη ενέργεια (2753,5 χιλιοθερμίδες) και ασκούσαν περισσότερο (320,5 λεπτά) ανά εβδομάδα, σε σχέση από την ομάδα 2 που κατανάλωσε (1490,7 χιλιοθερμίδες, με 1888,8 λεπτά άσκηση,) με αποτέλεσμα μεγαλύτερη απώλεια λίπους σε σύγκριση με τις ομάδες 2 και ελέγχου (59). Οι ομάδες άσκησης δεν διέφεραν ως προς το % ή το σύνολο των χιλιοθερμίδων που αντισταθμίστηκαν. Τόσο το συνολικό όσο και το % σωματικού λίπους και το

σωματικό βάρος μεταβλήθηκαν (μειώθηκε) με την πάροδο του χρόνου και διατηρήθηκαν όταν ελέγχθηκαν ως προς την ηλικία και το φύλο, για την ομάδα 3, αλλά όχι στην ομάδα 2 ή 1 (59).

Σε άλλη έρευνα που έγινε και αφορούσε ΠΑ, κατέδειξε υψηλότερη ΕΔ κατά τη διάρκεια της άσκησης που εκτελέστηκε με χαμηλή ένταση (30% της 1ME) σε σύγκριση με συνεδρίες υψηλής έντασης (85% της 1ME), αλλά και αύξηση της ΕΔ μετά τη διακοπή της δραστηριότητας και μεταξύ των συνεδριών (33). Αλλού αναφέρθηκε, ότι η μέτριας έντασης (60% της 1ME) εκρηκτική ΑΑ, οδήγησε σε μεγαλύτερη ΕΔ από ό,τι η υψηλής έντασης (80% της 1ME). Επίσης, βρέθηκε ότι μετά από ένα μόνο σετ άρσης βαρών, η πρόσληψη οξυγόνου ήταν μεγαλύτερη στην αποκατάσταση απ' ότι κατά την εκτέλεση της ίδιας της άσκησης (60).

2.3. Μέτρηση της ενεργειακής δαπάνης σε ασκήσεις με σχοινιά μάχης

Σε προηγούμενη μελέτη αξιολογήθηκε το καρδιαγγειακό και μεταβολικό κόστος μιας οξείας (διάρκειας 10 λεπτών) προπόνησης με ΣΜ, εκτελώντας την άσκηση vertical double arm waves, η οποία περιελάμβανε ένα 10λεπτο πρωτόκολλο άσκησης, 15 δευτερόλεπτα κατακόρυφων κυματισμών χτυπώντας τα και με τα δύο χέρια, ακολουθούμενα από 45 δευτερόλεπτα ανάπαυσης, για 10 επαναλήψεις (17). Η συνολική ΕΔ ήταν 111,7 χιλιοθερμίδες και όταν εκφράστηκε ανά μονάδα χρόνου, η ΕΔ ήταν 9,9 χιλιοθερμίδες/λεπτό (17). Επίσης, στην ίδια μελέτη αναφέρθηκε ότι οι άνδρες παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερες διαφορές από τις γυναίκες, με συνολική ΕΔ 148,7 έναντι 80,85 χιλιοθερμίδων, εκφρασμένη ανά μονάδα χρόνου 13,12 έναντι 7,14 χιλιοθερμίδες /λεπτό. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης έδειξαν ότι μια οξεία 10'λεπτη προπόνηση με ΣΜ, σε μια έντονης έντασης προπόνηση, οδήγησε σε υψηλούς καρδιακούς παλμούς και ενεργειακές δαπάνες, οι οποίες πληρούν τα προηγούμενως καθορισμένα όρια που είναι γνωστό ότι αυξάνουν την καρδιοαναπνευστική ικανότητα (17).

Σε άλλη έρευνα που περιελάμβανε 12 άνδρες και 10 γυναίκες, ηλικίας μέσο όρο 20,8 ετών, εκτέλεσαν 8 σετ, με 30 δευτερόλεπτα διαφορά το καθένα μεταξύ τους, την άσκηση single-arm alternating waves για 15 δευτερόλεπτα και για 15 δευτερόλεπτα την άσκηση double-arm waves with a half-squat, χρησιμοποιώντας είτε 1 λεπτό διάλειμμα-rest interval (1RI), είτε 2 λεπτά διάλειμμα (2RI). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ένα μικρότερο μήκος διαλείμματος αυξάνει τις μεταβολικές απαιτήσεις της άσκησης με ΣΜ και οι μεταβολικές αποκρίσεις ήταν υψηλότερες στους άνδρες από ό,τι στις γυναίκες (24). Η ΕΔ αυξήθηκε κατά το πρώτο και το δεύτερο λεπτό ανάπαυσης στα πρώτα 3-4 σετ και στη συνέχεια έμεινε σταθερή. Συνολικά, κάθε πρωτόκολλο έδωσε τιμές ΕΔ 11,9 χιλιοθερμίδες/λεπτό και 7,7 χιλιοθερμίδες /λεπτό αντίστοιχα, σε άνδρες και γυναίκες κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου 1RI και 8,8 χιλιοθερμίδες/λεπτό και 5,0 χιλιοθερμίδες/λεπτό, αντίστοιχα, σε άνδρες και γυναίκες κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου 2RI

(24). Τα δεδομένα αυτά καταδεικνύουν ότι η άσκηση με ΣΜ αποτελεί σημαντικό καρδιαγγειακό και μεταβολικό ερέθισμα με μέσες επιδράσεις που ενισχύονται με ένα σύντομο διάλειμμα (24).

Ακόμη, σε μία άλλη μελέτη προσπάθησαν να συγκρίνουν τις οξείες μεταβολικές αποκρίσεις σε πρωτόκολλα που περιλάμβαναν ασκήσεις με ελεύθερα βάρη, με το βάρος του σώματος και με ΣΜ. Συμμετείχαν 10 άνδρες ηλικίας μέσο όρο 20,6 ετών εκτελώντας 3 σετ των 30 δευτερολέπτων, με ένα διάστημα ανάπαυσης 2 λεπτών, τριών ασκήσεων με ΣΜ: α) single-arm alternating waves, β) double-arm waves with a half squat και γ) double-arm rope slams with a half-squat (19). Βρέθηκε ότι το πρωτόκολλο με ΣΜ παρήγαγε τη μεγαλύτερη οξεία μεταβολική απόκριση για όλες τις εξεταζόμενες ασκήσεις (51% της VO₂max), προκαλώντας ΕΔ 10,3 χιλιοθερμίδες/λεπτό (19).

Η άσκηση με ΣΜ και kettlebells είναι κάποιος τρόπος άσκησης που έχει βρεθεί ότι προκαλούν υψηλές φυσιολογικές απαιτήσεις, όπως ταχεία αύξηση της καρδιακής συχνότητας και μεγάλη κατανάλωση ενέργειας (61). Σε μελέτη αναφέρεται ότι η εκτέλεση αιωρήσεων με kettlebell σε αυτοκαθοριζόμενο ρυθμό για 12 λεπτά, προσπαθώντας να ολοκληρώσουν όσο το δυνατόν περισσότερες αιωρήσεις - επαναλήψεις κατά τη διάρκεια αυτού του χρόνου, διατήρησε την ΚΣ και την VO₂ των ασκούμενων, σε κατά μέσο όρο 87 και 65% των αντίστοιχων μέγιστων τιμών τους (53).

Η άσκηση με ΣΜ έχει τη δυνατότητα να επιφέρει διαφορετικές προσαρμογές, όπως βελτίωση της αντοχής και της δύναμης, αύξηση της ΕΔ κ.α. Επιπλέον, αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τους επαγγελματίες της άσκησης καθώς περιλαμβάνει μεγάλη ποικιλία κινητικών μοτιβών, είναι χαμηλού κόστους, μεταφέρεται εύκολα, δημιουργεί ευχαρίστηση και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από άτομα ανεξαρτήτου ηλικίας τόσο σε εσωτερικό όσο και εξωτερικό χώρο. Συνήθως η άσκηση αυτή αποτελεί μέρος ενός προπονητικού προγράμματος. Λόγω του ότι συνήθως εκτελείται από συγκεκριμένες θέσεις (χωρίς ιδιαίτερη μεταφορά βάρους του ασκούμενου) και στην μοναδικότητα που εξυπηρετεί αυτό το εργαλείο (δλδ, χωρίς την επιστροφή σε αυτόν, του βάρους και της ώθησης που δίνεται από τον ασκούμενο) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρέως (εκτός των υγιών ασκούμενων) και από παχύσαρκα άτομα ή κλινικό πληθυσμό ή άλλους που έχουν ανάγκη για μια οξεία καρδιοαναπνευστική προπόνηση, χωρίς να επιβαρύνονται ιδιαίτερα οι αρθρώσεις του. Γνωρίζοντας την ΕΔ που προκαλείται από τις συγκεκριμένες ασκήσεις και ότι ο χρόνος εκτέλεσής τους είναι σύντομος, θα βοηθούσε στην πιο αποτελεσματική επιλογή των συγκεκριμένων ασκήσεων σε προγράμματα άσκησης που στοχεύουν στην απώλεια βάρους.

3. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

3.1. Σκοπός

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να αξιολογήσει την ΕΔ κατά τη διάρκεια εκτέλεσης 5 διαφορετικών ασκήσεων με ΣΜ: 1) squat waves, 2) alternative waves with reverse lunge, 3) side to side waves, 4) split jacks waves και 5) burpee and slams with waves. Επιπλέον, η συγκεκριμένη μελέτη αποσκοπούσε στο να

εξετάσει αν η ΕΔ κατά την εκτέλεση των παραπάνω ασκήσεων επηρεάζεται από το χρόνο εκτέλεσης, συγκρίνοντας για την κάθε άσκηση δυο χρονικές διάρκειες: α) αυτή των 30 δευτερολέπτων και β) αυτή των 45 δευτερολέπτων.

3.2. Υλικό και Μέθοδος

3.2.1 Συμμετέχοντες

Πραγματοποιήθηκε προκαταρκτική ανάλυση ισχύος (probability error: 0.05, power: 0.85, effect size: 0.30) από την οποία προέκυψε ότι ο ελάχιστος αριθμός συμμετεχόντων που απαιτούνται προκειμένου να εντοπιστούν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις κύριες εξαρτημένες μεταβλητές, σε έναν πειραματικό σχεδιασμό με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε 2 πειραματικές συνθήκες και σε 5 χρονικές στιγμές, είναι 9 άτομα. Συνεπώς, στην παρούσα μελέτη έλαβαν μέρος 10 άτομα, 5 άνδρες και 5 γυναίκες, ηλικίας 18-25 ετών, όλοι εκ των οποίων ήταν αθλητές αναψυχής (με $\text{VO}_{2\text{max}}$: 47.2 ± 7.1 ml/kg/min, 1ME πιέσεις στήθους-bench press: 58.7 ± 25.3 κιλά, 1ME κάθισμα-squats: 94.3 ± 23.5 κιλά). Οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν για τον σκοπό, τα οφέλη αλλά και τους κινδύνους της μελέτης και συμπλήρωσαν το έντυπο ιατρικού ιστορικού πριν δηλώσουν ενυπόγραφα τη συμμετοχή τους στην μελέτη. Τα κριτήρια εισαγωγής στη μελέτη ήταν τα παρακάτω: α) να είναι υγιείς (χωρίς χρόνιο νόσημα ή μυοσκελετικό τραυματισμό), β) νεαροί ενήλικες (18-35 ετών) γ) να μην ακολουθούν πρόγραμμα αυστηρής νηστείας κατά την διάρκεια της μελέτης δ) απουσία φαρμακευτικής αγωγής για τουλάχιστον έξι μήνες πριν την έναρξη της μελέτης, αλλά και κατά την διάρκεια αυτής ε) διακοπή της κατανάλωσης αλκοόλ και συμπληρωμάτων διατροφής κατά τη διάρκεια της μελέτης. Η μελέτη έλαβε έγκριση από την Εσωτερική Επιτροπή Δεοντολογίας του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Αριθμ. Πρωτ: 1893) και δηλώθηκε στην διεθνή βάση καταχώρησης κλινικών μελετών ClinicalTrials.gov (ID: NCT05412498).

3.2.2 Πειραματικός σχεδιασμός

Για το σκοπό της μελέτης χρησιμοποιήθηκε τυχαιοποιημένος ερευνητικός σχεδιασμός επαναλαμβανόμενων μετρήσεων, με δύο πειραματικές συνθήκες (30 δευτερολέπτων vs 45 δευτερολέπτων) και 5 διαφορετικές ασκήσεις στην κάθε συνθήκη, όπου όλοι οι συμμετέχοντες έλαβαν μέρος σε όλες τις συνθήκες (με τυχαιοποιημένη σειρά). Όλες οι διαδικασίες και μετρήσεις/αξιολογήσεις της μελέτης υλοποιήθηκαν στο εργαστήριο Βιοχημείας, Φυσιολογίας και Διατροφής της Άσκησης (SmArT Lab) του Κέντρου Αξιολόγησης Φυσικής Απόδοσης (ΚΕΑΦΑ) του Τ.Ε.Φ.Α.Α. του Π.Θ.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε περίοδος εξοικείωσης μίας εβδομάδας κατά τη διάρκεια της οποίας οι συμμετέχοντες εξοικειώθηκαν με τις πέντε ασκήσεις προκειμένου να διασφαλιστεί η άρτια εκτέλεσή τους

από πλευράς τεχνικής, αλλά και να περιοριστεί η οποιαδήποτε πιθανότητα τραυματισμού. Μετά το τέλος της περιόδου εξοικείωσης οι συμμετέχοντες επισκέφτηκαν τις εγκαταστάσεις του τμήματος τρεις φορές, με μεταξύ τους διάστημα 24 - 48 ώρες, για να υποβληθούν σε αξιολόγηση των περιγραφικών χαρακτηριστικών. Στην πρώτη επίσκεψή τους (2 ημέρες μετά την τελευταία συνεδρία εξοικείωσης) υποβλήθηκαν σε αξιολόγηση α) των ανθρωπομετρικών τους χαρακτηριστικών (σωματικό βάρος και ύψος), β) της περιφέρειας μέσης και ισχίων και γ) της σύστασης σώματος (ποσοστό λίπους, λιπώδης ιστός, άλιπη σωματική μάζα, μυϊκή μάζα) μέσω απορροφησιομετρίας ακτινών X διπλής ενέργειας με σύστημα DEXA (GE Healthcare, Lunar DPX-NT). Στη δεύτερη επίσκεψή τους (24 ώρες μετά την πρώτη επίσκεψη), πραγματοποιήθηκε μέτρηση του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας, της καρδιακής συχνότητας ηρεμίας και της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας (μέτρηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου, VO₂max), ενώ στην τρίτη επίσκεψη (48 ώρες μετά την δεύτερη επίσκεψη) οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε αξιολόγηση της λειτουργικής ικανότητας, της μέγιστης δύναμης άνω (1ΜΕ στις πιέσεις στήθους-bench press) και κάτω μέρους (1ΜΕ στο κάθισμα-squat) του σώματος και της αντοχής στη δύναμη, εκτελώντας κάμψεις και αναδιπλώσεις κορμού – κοιλιακούς, με όσο το δυνατόν πιο πολλές επαναλήψεις μπορούσαν σε χρόνο 30 δευτερολέπτων.

Μετά την ολοκλήρωση των προκαταρκτικών μετρήσεων (5 ημέρες μετά την τελευταία επίσκεψή τους) οι συμμετέχοντες έλαβαν μέρος με τυχαιοποιημένη σειρά στις δύο πειραματικές συνθήκες της μελέτης: **(α) συνθήκη εκτέλεσης 30 δευτερολέπτων (ΣΕ30):** εκτελούσαν 1 σετ των 30 δευτερολέπτων για κάθε μία από τις 5 ασκήσεις του ερευνητικού πρωτοκόλλου και **(β) συνθήκη εκτέλεσης 45 δευτερολέπτων (ΣΕ45):** εκτελούσαν 1 σετ των 45 δευτερολέπτων για κάθε μία από τις 5 ασκήσεις του ερευνητικού πρωτοκόλλου. Η χρονική διάρκεια της κάθε συνθήκης ήταν πέντε διαδοχικές ημέρες, όπου σε κάθε ημέρα οι συμμετέχοντες εκτελούσαν μία άσκηση (1 σετ των 30 ή 45 δευτερολέπτων, αντίστοιχα). Στους συμμετέχοντες δόθηκε η οδηγία να απέχουν από οποιασδήποτε μορφή έντονης φυσικής δραστηριότητας ή άσκηση, καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας. Επιπλέον, όλες οι ασκήσεις εκτελέστηκαν νωρίς το πρωί (08:00 – 11:00π.μ.), για την αποφυγή της επίδρασης του κιρκάδιου ρυθμού στην ΕΔ και οι συμμετέχοντες προσέρχονταν σε συνθήκη νηστείας (δεν κατανάλωναν τρόφιμα ή ποτά τις προηγούμενες ώρες).

Οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν με τυχαιοποιημένη σειρά, τόσο τις πειραματικές συνθήκες ΣΕ30 και ΣΕ45, όσο και τις πέντε ασκήσεις στην κάθε συνθήκη. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε σε κάθε ημέρα των πειραματικών συνθηκών ήταν η εξής: αρχικά ο/η κάθε δοκιμαζόμενος/η παρέμενε σε καθιστή θέση για 15 περίπου λεπτά. Στη συνέχεια, κι ενώ παρέμενε σε καθιστή θέση, πραγματοποιούνταν λήψη τριχοειδικού δείγματος αίματος για τη μέτρηση της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος, ενώ παράλληλα χρησιμοποιούνταν καρδιοσυχνόμετρο και φορητός αναλυτής αερίων για την αξιολόγηση της καρδιακής

συχνότητας και κατανάλωσης οξυγόνου ηρεμίας, αντίστοιχα. Έπειτα, ο/η δοκιμαζόμενος/η εκτελούσε την άσκηση (1 σετ των 30 ή 45 δευτερολέπτων, ανάλογα με τη συνθήκη) καθ' όλη τη διάρκεια της οποίας έφερε καρδιοσυχνόμετρο και φορητό αναλυτή αερίων, για την αξιολόγηση της κατανάλωσης οξυγόνου. Αμέσως μετά την ολοκλήρωση της άσκησης, ο/η δοκιμαζόμενος/η επέστρεφε στην καθιστή θέση, διατηρώντας τον φορητό αναλυτή αερίων και το καρδιοσυχνόμετρο, και παρέμενε σε αυτή μέχρις ότου η κατανάλωση οξυγόνου επέστρεφε περίπου στα αρχικά επίπεδα κατανάλωσης ηρεμίας (απόκλιση $\pm 5\%$), προκειμένου να εκτιμηθεί η περίσσεια κατανάλωση οξυγόνου (EPOC). Επιπλέον, αμέσως μετά την ολοκλήρωση της άσκησης καταγράφονταν η υποκειμενική αίσθηση της κόπωσης μέσω της κλίμακας Borg, ενώ 4 λεπτά αργότερα (δηλαδή 4 λεπτά μετά το τέλος της άσκησης) πραγματοποιούνταν δειγματοληψία τριχοειδικού αίματος για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος.

3.2.3 Περιγραφή των ασκήσεων

Και στις δυο συνθήκες οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν τις παρακάτω πέντε ασκήσεις: 1) squat waves, 2) alternating waves with reverse lunge, 3) side to side waves, 4) split jack waves, 5) burpee and slams with waves. Για την εκτέλεση των ασκήσεων χρησιμοποιήθηκαν σχοινιά μάχης με τα εξής χαρακτηριστικά: α) μήκος σχοινιού 9 μέτρα, β) βάρος 7,5 κιλά, γ) διάμετρος 3,5 εκατοστά, δ) πάχος - περίμετρος σχοινιού 12 εκατοστά. Σε όλες τις ασκήσεις η μέση του σχοινιού ήταν σταθεροποιημένη γύρω από σταθερό σημείο, και έτσι κάθε δοκιμαζόμενος/η εκτελούσε την άσκηση, κρατώντας σε κάθε χέρι σχοινί μήκους 4,5 μέτρων και βάρους 3,75 κιλών. Σε κάθε άσκηση οι δοκιμαζόμενοι είχαν ως στόχο να εκτελέσουν το μέγιστο δυνατό αριθμό επαναλήψεων στον προκαθορισμένο χρόνο. Οι ασκήσεις του πρωτοκόλλου αναλυτικά:

Squat waves: Για την εκτέλεση των squat waves ο ασκούμενος κρατούσε τις άκρες των σχοινιών με τα δύο χέρια, διατηρούσε τα πόδια ανοιχτά στο άνοιγμα των ώμων με γωνία κάμψης στα γόνατα περίπου 45° μοίρες και τον κορμό όρθιο με τη σπονδυλική στήλη σε ουδέτερη θέση. Πριν την έναρξη της άσκησης το σχοινί ακουμπούσε στο έδαφος (δεν ήταν τεντωμένο) διότι έπρεπε κατά την εκτέλεση να δημιουργείται κύμα. Με το σήμα της έναρξης, ο/η δοκιμαζόμενος οδηγούσε το ένα άκρο του σχοινιού προς τα πάνω στο ύψος των ώμων, ενώ ταυτόχρονα οδηγούσε το άλλο χέρι προς τα κάτω προς το πάτωμα στο ύψος των γοφών, διατηρώντας τα κύματα για όλη την διάρκεια της άσκησης με εναλλάξ δυναμικές κινήσεις και τη μέγιστη δυνατή ένταση. Ταυτόχρονα εκτελούσε καθίσματα (συνεχόμενη κίνηση από όρθια σε ημικαθιστή θέση και αντίστροφα) διατηρώντας τους αγκώνες δίπλα στον κορμό. Η εισπνοή πραγματοποιούνταν κατά τη διάρκεια της έκκεντρης φάσης του καθίσματος, ενώ η εκπνοή κατά τη διάρκεια της ομόκεντρης φάσης.



Εικόνα 1. (Squat Waves)

Alternating waves with reverse lunge: Στην αρχική θέση ο/η δοκιμαζόμενος/η βρισκόταν σε όρθια θέση με τα πόδια στο άνοιγμα των ώμων και κρατούσε τις άκρες των σχοινιών και με τα δύο χέρια (το σχοινί ακουμπούσε στο έδαφος δεν ήταν τεντωμένο). Με το σήμα της έναρξης, ο/η δοκιμαζόμενος δημιουργούσε κάθετους κυματισμούς με το σχοινί εκτελώντας κάμψη- έκταση εναλλάξ στην άρθρωσή του ώμου και στα δυο χέρια, ενώ παράλληλα εκτελούσε προβολές με βήμα πίσω εναλλάσσοντας κάθε φορά το πόδι που εκτελούσε την προβολή. Το γόνατο του ποδιού που εκτελούσε το πίσω βήμα δεν έπρεπε να ακουμπάει στο έδαφος κατά τη βύθιση, αλλά να σταματάει λίγο πριν από αυτό.



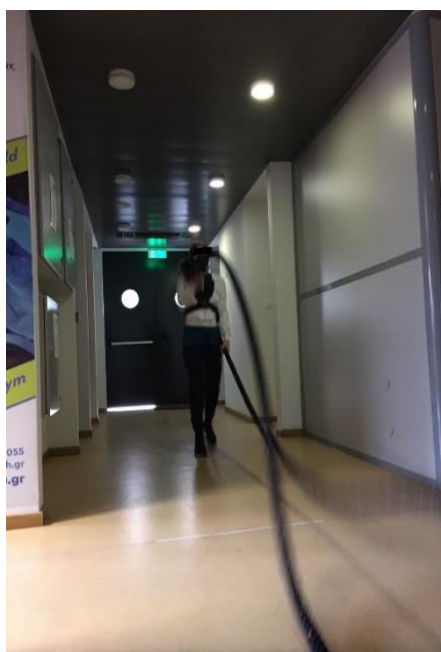
Εικόνα 2. (Alternating waves with reverse lunge)

Side to side waves: Στην αρχική θέση ο/η δοκιμαζόμενος/η βρισκόταν σε όρθια θέση με τα πόδια σε μεγαλύτερο άνοιγμα από το άνοιγμα των ώμων και γωνία κάμψης στα γόνατα περίπου 45 μοίρες, διατηρώντας σε ουδέτερη θέση τη σπονδυλική στήλη. Κρατούσε τις άκρες των σχοινιών και με τα δύο χέρια (το σχοινί ακουμπούσε στο έδαφος δεν ήταν τεντωμένο) με τις λαβές μπροστά από το σώμα και σε μικρή απόσταση μεταξύ τους. Με το σύνθημα της έναρξης, ο/η δοκιμαζόμενος δημιουργούσε οριζόντια κύματα και με τα δύο σχοινιά ταυτόχρονα, εκτελώντας ελαφριές στροφές του κορμού. Η γωνία στους αγκώνες παρέμενε σταθερή και οι βραχίονες διατηρούνταν δίπλα στον κορμό.

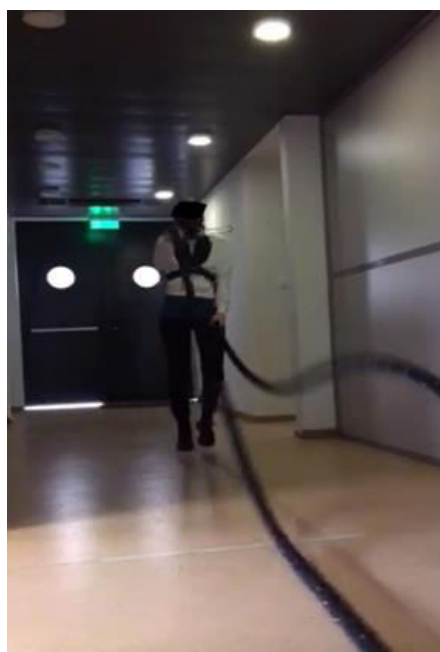


Εικόνα 3. (Side to side waves)

Split jack waves: Στην αρχική θέση ο/η δοκιμαζόμενος/η βρισκόταν σε όρθια θέση με τα πόδια σχεδόν ενωμένα και κρατούσε τις άκρες των σχοινιών και με τα δύο χέρια (το σχοινί ακουμπούσε στο έδαφος δεν ήταν τεντωμένο) με τις λαβές μπροστά από το σώμα και σε μικρή απόσταση μεταξύ τους. Με το σήμα της έναρξης, ο/η δοκιμαζόμενος/η προκαλούσε κάθετους κυματισμούς στο σχοινί εκτελώντας κάμψη- έκταση εναλλάξ στην άρθρωσή του ώμου και στα δυο χέρια, ενώ παράλληλα εκτελούσε επιτόπια άλματα κατά την προσγείωση των οποίων έφερνε εναλλάξ κάθε φορά το ένα πόδι μπροστά και το άλλο πίσω, ρυθμικά.



Εικόνα 4. (Split jack waves)



Εικόνα 5. (Split jack waves)

Burpee and slams with waves: Στην αρχική θέση ο/η δοκιμαζόμενος/η βρισκόταν σε όρθια θέση με τα πόδια στο άνοιγμα των ώμων, κρατώντας τις άκρες των σχοινιών με τα δύο χέρια (το σχοινί ακουμπούσε στο έδαφος δεν ήταν τεντωμένο), με τις λαβές μπροστά από το σώμα και σε μικρή απόσταση μεταξύ τους. Με το σήμα της έναρξης, ο/η δοκιμαζόμενος/η προκαλούσε κάθετους κυματισμούς στο σχοινί εκτελώντας κάμψη- έκταση στην άρθρωση του ώμου και στα δυο χέρια ταυτόχρονα. Μετά από κάθε κυματισμό ο/η δοκιμαζόμενος/η ερχόταν σε θέση γέφυρας (στο έδαφος, στήριξη τεσσάρων σημείων) μετά από μικρή αναπήδηση και έπειτα επέστρεφε στην αρχική θέση και εκτελούσε τον επόμενο κυματισμό.



Εικόνα 6. (Burpee and slams with waves)



Εικόνα 7. (Burpee and slams with waves)

3.2.4. Περιγραφή των δοκιμασιών

Αξιολόγηση ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών και σύστασης σώματος

Η αξιολόγηση του σωματικού βάρους και ύψους των συμμετεχόντων πραγματοποιήθηκε σε βαθμονομημένο ζυγό με ενσωματωμένο αναστημόμετρο (Beam Balance-Stadiometer, Seca, Vogel & Halke, Hamburg, Germany) με ακρίβεια μισού (0,5) κιλού και μισού (0,5) εκατοστού, αντίστοιχα (62). Οι συμμετέχοντες στεκόντουσαν σε όρθια στάση στο κέντρο του ζυγού φορώντας όσο το δυνατόν λιγότερα ρούχα και χωρίς παπούτσια. Για τη μέτρηση του σωματικού βάρους οι φτέρνες ήταν ενωμένες, με τα πέλματα σε γωνία μεταξύ τους και το βάρος ισόποσα μοιρασμένο στα δύο πόδια. Από την ίδια στάση και διατηρώντας τις φτέρνες, τους γλουτούς και το πάνω μέρος της πλάτης σε επαφή με το αναστημόμετρο, πραγματοποιούνταν η μέτρηση του σωματικού ύψους, αφού προηγουμένως οι συμμετέχοντες έπαιρναν μια βαθιά εισπνοή την οποία και διατηρούσαν μέχρι ο εξεταστής να τοποθετήσει τον οριζόντιο οδηγό στο κεφάλι του εξεταζόμενου. Ο υπολογισμός του Δείκτη Σωματικής Μάζας (ΔΣΜ) βασίστηκε στην εξίσωση $\Delta\sigma\mu\text{ (kg/m}^2\text{)} = \text{σωματικό βάρος (σε κιλά)} / \text{ύψος}^2 \text{ (σε μέτρα)}$. Επίσης, αξιολογήθηκαν με ελαστική μετροταινία (μεζούρα) η περιφέρεια μέσης, η περιφέρεια των ισχίων και ο λόγος αυτών (περιφέρεια

μέσης/ισχίου). Η περιφέρεια μέσης αξιολογήθηκε τυλίγοντας την ελαστική μετροταινία περιμετρικά μέχρι να ενωθεί, χωρίς ιδιαίτερη πίεση στο δέρμα, παίρνοντας ως σημείο αναφοράς 2-3 εκατοστά επάνω από τον ομφαλό (στο ύψος όπου σχηματίζεται η μικρότερη περιφέρεια). Αντίστοιχα, για την περιφέρεια των ισχίων, ως σημείο αναφοράς υπήρχαν τα 3-4 εκατοστά κάτω του οστού της λεκάνης, τυλίγοντας την μεζούρα γύρω από τον γλουτό (στο ύψος όπου σχηματίζεται η μεγαλύτερη περιφέρεια), χωρίς ιδιαίτερη πίεση στο δέρμα.

Αξιολόγηση της σύστασης σώματος (DXA)

Για την αξιολόγηση της σύστασης σώματος των συμμετεχόντων πραγματοποιήθηκε μέτρηση με χρήση μηχανήματος απορροφησιομετρίας διπλής δέσμης ακτίνων X (DXA, Lunar DPXNT) και του αντίστοιχου λογισμικού (Encore 2007, General Electric Company, Madison, WI, USA) (62). Πριν από κάθε αξιολόγηση γινόταν έλεγχος και βαθμονόμηση του μηχανήματος. Πραγματοποιήθηκε ολόσωμη αξιολόγηση, με τους συμμετέχοντες να τοποθετούνταν σε ύπτια θέση, χωρίς να φέρουν επάνω τους κανένα μεταλλικό αντικείμενο. Στους δοκιμαζόμενους δόθηκε η οδηγία να παραμείνουν ακίνητοι καθ' όλη τη διάρκεια της μέτρησης έχοντας τα χέρια τους παράλληλα και δίπλα στο σώμα. Οι μεταβλητές και τα δεδομένα που εξήχθησαν αφορούσαν το ποσοστό λίπους καθώς και την ποσότητα λιπώδους μάζας, άλιπης σωματικής μάζας και μυϊκής μάζας.

Αξιολόγηση καρδιοαναπνευστικής ικανότητας

Η αξιολόγηση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας των συμμετεχόντων πραγματοποιήθηκε αξιολογώντας την μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_2max). Η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε κατά την διάρκεια εργοσπιρομέτρησης σε κυκλοεργόμετρο, με προοδευτικά αυξανόμενη ένταση και με χρήση αυτόματου αναλυτή ανταλλαγής αερίων (Vmax Encore 29, BEBJO296, Yorba Linda, CA, USA).(63) Πριν από κάθε μέτρηση γινόταν βαθμονόμηση του αναλυτή με αέρια ακριβείας του εμπορίου (16% O_2 , 4% CO_2 , 80% N_2). Όλες οι δοκιμασίες πραγματοποιήθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου. Οι συμμετέχοντες έκαναν 5 λεπτά προθέρμανση χωρίς αντιστάσεις, επάνω στο κυκλοεργόμετρο ώστε να είναι έτοιμοι να εκτελέσουν την δοκιμασία μέχρι εξάντλησης. Στην συνέχεια, φόρεσαν τον αναλυτή αερίων, τοποθετήθηκαν επάνω στο κυκλοεργόμετρο και αφού συνδέθηκαν με τον τεχνικό εξοπλισμό καταγραφής, ξεκίνησαν την δοκιμασία. Ο ρυθμός ποδηλάτισης καθορίστηκε στις 60-70 rpm/min (Revolutions Per Minute) τόσο για τους άνδρες όσο και για τις γυναίκες και τους ζητήθηκε να διατηρήσουν σταθερό αυτόν τον ρυθμό για όσο μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μπορούσαν. Η δοκιμασία συνεχιζόταν μέχρι εξάντλησής. Η αρχική εξωτερική αντίσταση (επιβάρυνση) στο κυκλοεργόμετρο για

τα δύο πρώτα λεπτά άσκησης ήταν 0,5 κιλά για τους άνδρες, ενώ για οι γυναίκες ξεκινούσε η δοκιμασία χωρίς εξωτερική αντίσταση. Η αντίσταση αυξάνονταν προοδευτικά, μετά το 2ο λεπτό, με προσθήκη βάρους 1 κιλό/λεπτό άσκησης για τους άνδρες και 0,5 κιλό/λεπτό άσκησης για τις γυναίκες. Καθ' όλη τη διάρκεια της δοκιμασίας καταγράφονταν η καρδιακή συχνότητα μέσω καρδιοσυχνόμετρου τύπου Polar (παλμογράφος Polar H10), ενώ στο τέλος κάθε σταδίου (πρώτο 2λεπτο και μετά ανά 1 λεπτό) γινόταν αξιολόγηση της υποκειμενικής αίσθησης της κόπωσης μέσω της κλίμακας Borg (20βαθμια κλίμακα 6-20). Η προσπάθεια του εξεταζόμενου θεωρούνταν μέγιστη όταν συνυπήρχαν τουλάχιστον τρία από τα παρακάτω κριτήρια: α) πλατό στην καμπύλη της πρόσληψης οξυγόνου κατά την αύξηση της αντίστασης, β) αναπνευστικό πηλίκο > 1.10 , γ) εμφάνιση πλατό στην καρδιακή συχνότητα, δ) εξάντληση του συμμετέχοντα.

Αξιολόγηση μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας

Για την αξιολόγηση του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας, δόθηκε η οδηγία στους συμμετέχοντες να απέχουν από οποιασδήποτε μορφή έντονης φυσικής δραστηριότητας ή αθλητικής δραστηριότητας ή βαριάς σωματικής εργασίας για τουλάχιστον 48 ώρες, να ακολουθήσουν μια ισορροπημένη διατροφική πρόσληψη τις προηγούμενες ημέρες αποφεύγοντας την κατανάλωση καφεΐνης. Την ημέρα της μέτρησης, ο/η δοκιμαζόμενος/η προσέρχονταν στο χώρο της μέτρησης νωρίς το πρωί (07:00 – 09:00 π.μ.) σε συνθήκη νηστείας (για τουλάχιστον 8 ώρες πριν). Η μέτρηση πραγματοποιούνταν σε ύπτια θέση ενώ στον χώρο υπήρχε συσκότιση και ουδέτερη θερμοκρασία. Χρησιμοποιήθηκε καρδιοσυχνόμετρο τύπου Polar (παλμογράφος Polar H10) για την καταγραφή της καρδιακής συχνότητας και φορητός αναλυτής αερίων για τον έμμεσο προσδιορισμό της θερμιδικής κατανάλωσης (Vmax Encore 29, BEBJO296, Yorba Linda, CA, USA). Η μέτρηση διαρκούσε συνολικά 40 λεπτά και καταγράφονταν τα δεδομένα της ανταλλαγής αερίων. Στην ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα των 30 λεπτών, αφαιρώντας από τα συνολικά 40 λεπτά της μέτρησης, τα πρώτα 5 και τα τελευταία 5 λεπτά (64).

Αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης

Για την αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης χρησιμοποιήθηκε ο άμεσος προσδιορισμός της μίας μέγιστης επανάληψης (1ME) στις ασκήσεις α) πιέσεις στήθους (bench press) και β) κάθισμα (squat) (90° μοίρες γωνία γόνατος). Πριν τη συμμετοχή τους στην αξιολόγηση, οι συμμετέχοντες απείχαν από έντονη φυσική δραστηριότητα ή αθλητική δραστηριότητα ή βαριά σωματική εργασία για τουλάχιστον 48 ώρες και η διατροφή που ακολούθησαν τις προηγούμενες ημέρες ήταν ισορροπημένη. Αρχικά πραγματοποιούνταν προθέρμανση σε στατικό ποδήλατο και στη συνέχεια δυναμικές διατάσεις. Για την αξιολόγηση της 1ME στις πιέσεις στήθους οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν αρχικά 5-10 επαναλήψεις με ένταση που

αντιστοιχούσε στο 40% της εκτιμώμενης 1ΜΕ και στη συνέχεια το βάρος αυξανόταν κατά 5-10% σε κάθε προσπάθεια, με διάλλειμα μεταξύ των προσπαθειών 2-3 λεπτά, μέχρις ότου ο δοκιμαζόμενος να μπορούσε να εκτελέσει μια μέγιστη επανάληψη (1RM) (65). Η δοκιμασία αξιολόγησης της 1ΜΕ στο κάθισμα πραγματοποιήθηκε σε ορθοστάτη τύπου Power Rack με παράλληλες μπάρες ασφαλείας και χρήση Ολυμπιακής μπάρας (20 κιλών). Αρχικά οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν 5-10 επαναλήψεις με ένταση που αντιστοιχούσε στο 40% της εκτιμώμενης 1ΜΕ και στη συνέχεια το βάρος αυξανόταν κατά 10-20% με διάλλειμα μεταξύ των προσπαθειών 2-3 λεπτά. Η διαδικασία συνεχιζόταν μέχρις ότου ο/η δοκιμαζόμενος/η να μπορούσε να εκτελέσει μια μόνο επανάληψη με σωστή τεχνική (66, 67).

Αξιολόγηση της αντοχής στη δύναμη

Για την αξιολόγηση της αντοχής στη δύναμη χρησιμοποιήθηκαν οι ασκήσεις α) κάμψεις και β) αναδιπλώσεις κορμού. Η κάθε άσκηση εκτελούνταν για 30 δευτερόλεπτα και στόχος ήταν οι δοκιμαζόμενοι να εκτελέσουν όσες περισσότερες επαναλήψεις μπορούσαν με σταθερή ταχύτητα εκτέλεσης η οποία καθορίζονταν με μετρονόμο. Στη δοκιμασία των κάμψεων ο/η δοκιμαζόμενος ξεκινούσε από θέση “σανίδας”, με τις παλάμες στο έδαφος και τοποθετημένες λίγο έξω από τη νοητή ευθεία του θώρακα. Ο κορμός ήταν σε ευθεία και η στήριξη στα πόδια ήταν στις μύτες. Η εκτέλεση των κάμψεων γινόταν μέχρι ο θώρακας να έρθει σε απόσταση από το έδαφος περίπου 3 εκατοστά (68). Για τη δοκιμασία των αναδιπλώσεων κορμού, το εύρος κίνησης καθορίστηκε χρησιμοποιώντας δύο χαρτοταινίες παράλληλες μεταξύ τους, σε απόσταση 12 εκατοστά. Ο/η δοκιμαζόμενος/η βρισκόταν σε ύπτια θέση με τα γόνατα λυγισμένα, με τα πόδια και τα χέρια σε επαφή με το έδαφος. Τοποθετούσε τα χέρια στην πρώτη ταινία και εκτελούσε τις αναδιπλώσεις μέχρι τα δάχτυλα του χεριού να αγγίζουν την επόμενη ταινία που είχε τοποθετηθεί 12 εκ. μπροστά από την πρώτη (69).

Αξιολόγηση γαλακτικού οξέος

Η μέτρηση του γαλακτικού οξέος πραγματοποιήθηκε μέσω φορητού αναλυτή (Lactate Plus™, Nova Biomedical, USA) και των αντίστοιχων ταινιών (stripes) μιας χρήσης. Η συλλογή αίματος πραγματοποιούνταν από την άκρη του δακτύλου του χεριού (τριχοειδικό αίμα), αφού προηγουμένως το συγκεκριμένο σημείο είχε καθαριστεί με 70% αλκοόλη και είχε στεγνώσει (62). Μετά από ένα ελαφρύ τρύπημα με ειδικό στυλό τρυπήματος δακτύλου, μια σταγόνα αίματος μεταφερόταν στην ειδική ταινία η οποία ήταν τοποθετημένη στο φορητό αναλυτή γαλακτικού οξέος και στη συνέχεια ολοκληρωνόταν αυτόματα η ανάλυση σε εντός 12 δευτερολέπτων.

Αξιολόγηση συνολικής θερμιδικής δαπάνης κατά την άσκηση

Για την αξιολόγηση της συνολικής θερμιδικής δαπάνης κατά την άσκηση, υπολογίστηκε η θερμιδική κατανάλωση των τριών συστημάτων ενέργειας: Συνολική Ενεργειακή Δαπάνη Άσκησης = ΕΔ οξειδωτικού συστήματος + ΕΔ γλυκολυτικού συστήματος + ΕΔ περίσσειας κατανάλωσης οξυγόνου. Για τον υπολογισμό της ΕΔ χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω εξισώσεις:

ΕΔ οξειδωτικού συστήματος (χιλιοθερμίδες ή kcals) = $(VO_{2\text{άσκησης}} - VO_{2\text{ηρεμίας}}) * 21,1 \text{ (kJ)} / 4,184$.

ΕΔ γλυκολυτικού συστήματος (χιλιοθερμίδες ή kcals) = $[(\text{Γαλακτικό}_{\text{ηρεμίας}} - \text{Γαλακτικό}_{\text{μετά την άσκηση}} * \text{Σωματικό βάρος(κίλά)} * 3.0 \text{ (ml O}_2)]) * 21,1 \text{ (kJ)} / 4,184$.

ΕΔ περίσσειας κατανάλωσης οξυγόνου (χιλιοθερμίδες ή kcals): $[(VO_{2\text{περίσσειας}} - VO_{2\text{ηρεμίας}}) * 19,6 \text{ (kJ)} / 4,184] * \text{λεπτά}_{\text{περίσσειας}}$.

3.2.5. Στατιστική ανάλυση

Πραγματοποιήθηκε έλεγχος κανονικότητας των δεδομένων χρησιμοποιώντας το τεστ Shapiro-Wilk, σύμφωνα με το οποίο διαπιστώθηκε ότι τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από την παρούσα μελέτη ακολουθούσαν την κανονική κατανομή, και ως εκ τούτου για τη στατιστική επεξεργασία τους εφαρμόστηκαν παραμετρικά τεστ. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (ANOVA Repeated measures) ως προς δυο παράγοντες (συνθήκη x άσκηση) συνοδευόμενη από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni (για τη σύγκριση κατά ζεύγη) όπου εντοπίζονταν σημαντική επίδραση του κύριου παράγοντα (συνθήκη ή άσκηση). Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο .05. Όλα τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέσοι όροι $\pm$ τυπική απόκλιση. Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα SPSS (IBM SPSS Statistics, version 26.0).

3.3. Αποτελέσματα

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα περιγραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων.

Πίνακας 1. Περιγραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων.

	<i>N = 10</i> <i>5 Άνδρες + 5 Γυναίκες</i>
Ηλικία (έτη)	21.1 $\pm$ 0.7
Σωματομετρικά χαρακτηριστικά	
Σωματικό βάρος (kg)	63.5 $\pm$ 10.8
Σωματικό ύψος (cm)	169 $\pm$ 0.9
Δείκτης μάζας σώματος (kg/m ²)	22.1 $\pm$ 1.7
Περιφέρεια μέσης (cm)	71.2 $\pm$ 7.0

Περιφέρεια ισχίου (cm)	95.3 ± 4.6
Περιφέρεια μέσης/ισχίου	0.75 ± 0.06

Σύσταση σώματος

Ποσοστό λίπους (%)	18.9 ± 7.2
Λιπώδης μάζα (kg)	11.2 ± 3.9
Άλιπη σωματική μάζα (kg)	51.5 ± 11.4
Μυϊκή μάζα (kg)	48.6 ± 10.9

Καρδιοαναπνευστική ικανότητα

Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO ₂ max, ml/kg/min)	47.2 ± 7.1
Μέγιστη καρδιακή συχνότητα (beats/min)	191 ± 14
Καρδιακή συχνότητα ηρεμίας (beats/min)	57 ± 6.0

Μυϊκή δύναμη - αντοχή

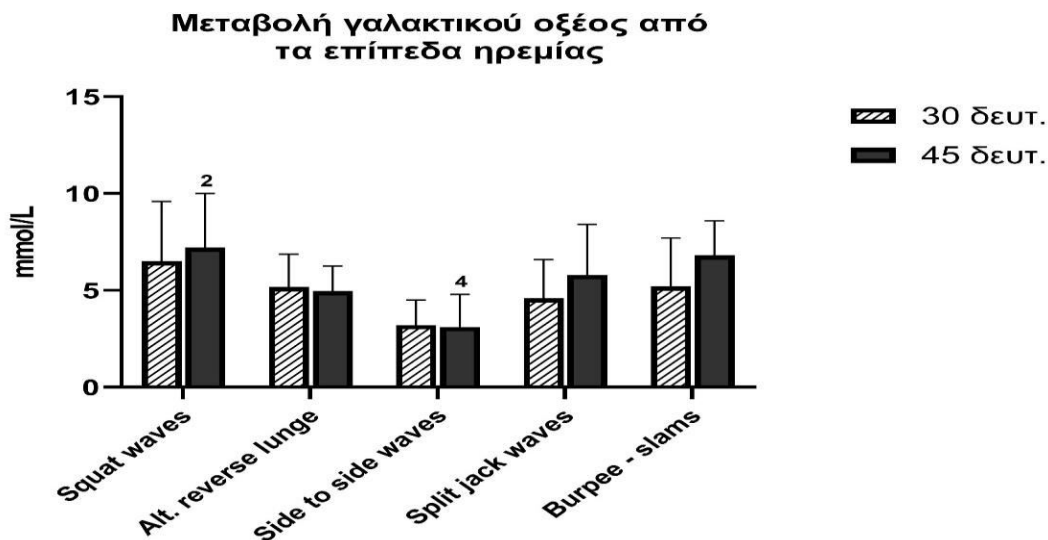
Μέγιστη δύναμη άνω μέρους (kg)	58.7 ± 25.3
Μέγιστη δύναμη κάτω μέρους (kg)	94.3 ± 23.5
Μυϊκή αντοχή – Δοκιμασία κοιλιακών 30 δευτ. (επαναλήψεις)	29 ± 2
Μυϊκή αντοχή – Δοκιμασία κάμψεων 30 δευτ. (επαναλήψεις)	21 ± 8

Μεταβολισμός

Μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας (χιλιοθερμίδες ή kcals)	1594 ± 247
--	------------

Συγκέντρωση γαλακτικού οξέος

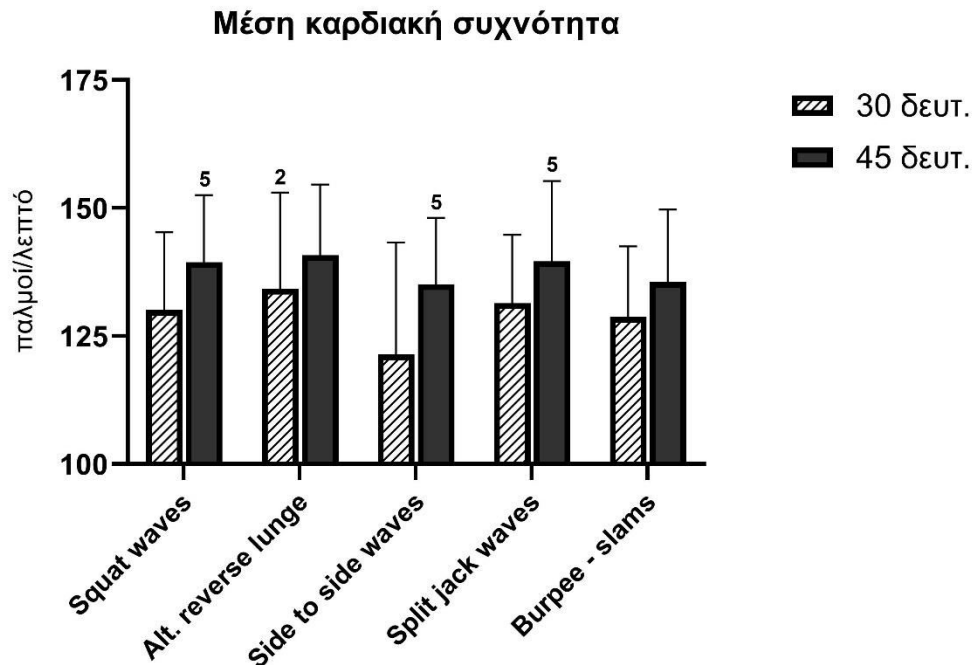
Οι πέντε ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν προκάλεσαν σημαντική αύξηση του γαλακτικού οξέος από 324% έως 645% στη συνθήκη των 30 δευτερολέπτων και από 209% έως 761% στη συνθήκη των 45 δευτερολέπτων. Δεν εντοπίστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ασκήσεων στη συνθήκη των 30 δευτερολέπτων. Αντίθετα, στη συνθήκη των 45 δευτερολέπτων, η εκτέλεση της άσκησης side to side waves προκάλεσε μικρότερη αύξηση του γαλακτικού οξέος, συγκριτικά με τις ασκήσεις squat waves και burpee and slams with waves. Επιπλέον, δεν εντοπίστηκαν διαφορές μεταξύ των συνθηκών στις ασκήσεις.



Σχήμα 1. Μεταβολή της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος (Γαλακτικό_{μετά την άσκηση} – Γαλακτικό_{ηρεμίας}) στο αίμα στις πέντε ασκήσεις των δυο συνθηκών.²Σημαντική διαφορά με την άσκηση side to side waves στην ίδια συνθήκη, ⁴Σημαντική διαφορά με την άσκηση burpee and slams with waves στην ίδια συνθήκη.

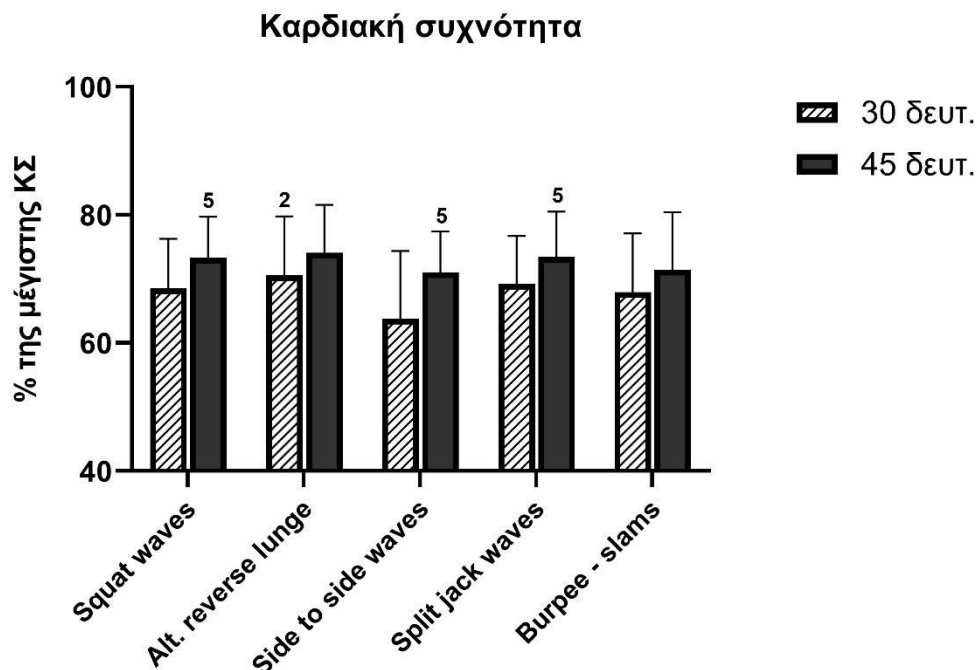
Καρδιακή συχνότητα

Η μέση καρδιακή συχνότητα (ΚΣ) κατά την εκτέλεση των 5 ασκήσεων που εκτελέστηκαν ήταν 121-134 παλμούς/λεπτό στην συνθήκη των 30 δευτερολέπτων και 135-140 παλμούς/λεπτό στη συνθήκη των 45 δευτερολέπτων. Η εκτέλεση της άσκησης alternative waves with reverse lunge στη συνθήκη των 30 δευτερολέπτων, προκάλεσε σημαντική αύξηση στη μέση ΚΣ (134 παλμούς/λεπτό) συγκριτικά με την άσκηση side to side waves (121 παλμούς/λεπτό). Κατά την εκτέλεση των ασκήσεων στη συνθήκη των 45 δευτερολέπτων διαπιστώθηκε υψηλότερη μέση ΚΣ κατά 7%, 11% και 6% στις ασκήσεις (α) squat waves (139,4 έναντι 130,1 παλμούς/λεπτό), (β) side to side waves (135,1 έναντι 121,4 παλμούς/λεπτό) και γ) split jack waves (139,6 έναντι 131,4 παλμούς/λεπτό), αντίστοιχα, συγκριτικά με τη συνθήκη των 30 δευτερολέπτων.



Σχήμα 2. Μέση καρδιακή συχνότητα στις πέντε ασκήσεις των δυο συνθηκών.²Σημαντική διαφορά με την άσκηση side to side waves στην ίδια συνθήκη, ⁵Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη 45 δευτερολέπτων στην ίδια άσκηση.

Η μέση καρδιακή συχνότητα κατά την εκτέλεση των 5 ασκήσεων στη συνθήκη των 30 δευτερολέπτων κυμάνθηκε από 64% έως 71% της μέγιστης ΚΣ, και από 71% έως 74% της μέγιστης ΚΣ στη συνθήκη των 45 δευτερολέπτων. Στη συνθήκη των 30 δευτερολέπτων, η εκτέλεση της άσκησης alternative waves with reverse lunge προκάλεσε μεγαλύτερη αύξηση στο ποσοστό της μέγιστης ΚΣ (71%) συγκριτικά με την άσκηση side to side waves (64%). Η συνθήκη των 45 δευτερολέπτων προκάλεσε μεγαλύτερη αύξηση στο ποσοστό της μέγιστης ΚΣ στις ασκήσεις (α) squat waves (73% έναντι 6%), (β) side to side waves (71% έναντι 64%) και (γ) split jack waves (140% έναντι 131%) κατά 7%, 11% και 6%, αντίστοιχα, συγκριτικά με την συνθήκη των 30 δευτερολέπτων.

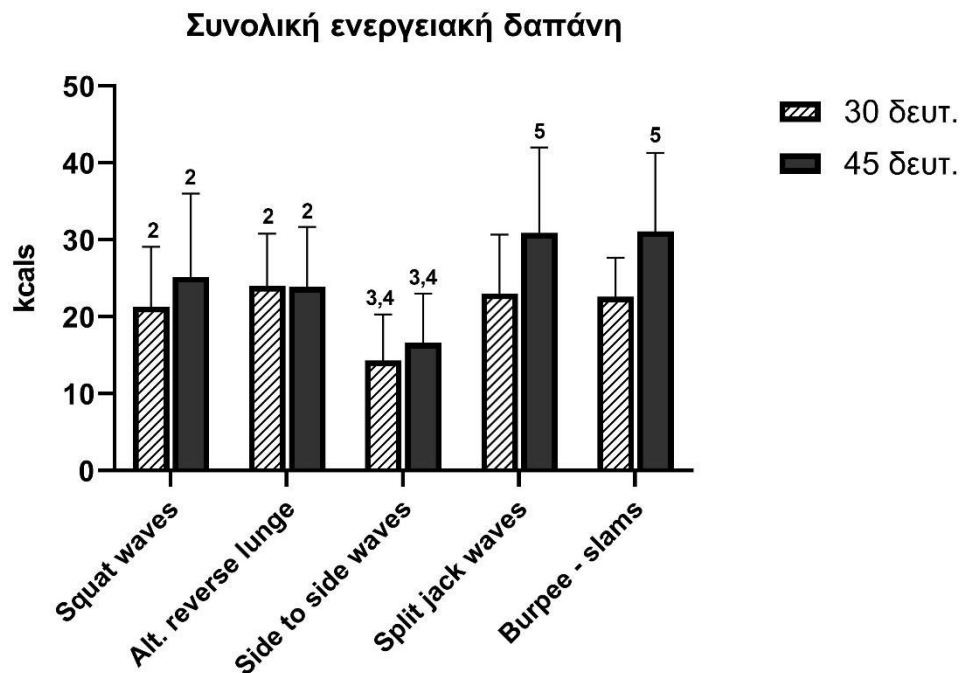


Σχήμα 3. Καρδιακή συχνότητα ως ποσοστό της μέγιστης στις πέντε ασκήσεις των δυο συνθηκών.²Σημαντική διαφορά με την άσκηση side to side waves στην ίδια συνθήκη, ⁵Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη 45 δευτερολέπτων στην ίδια άσκηση.

Ενεργειακή δαπάνη (ΕΔ)

Οι πέντε ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν προκάλεσαν σημαντική αύξηση της συνολικής ΕΔ (χιλιοθερμίδες) από 14,3 έως 24 χιλιοθερμίδες στη συνθήκη των 30 δευτερολέπτων και από 16,6 έως 31,1 χιλιοθερμίδες στη συνθήκη των 45 δευτερολέπτων. Στη συνθήκη των 30 δευτερολέπτων βρέθηκε σημαντική αύξηση της συνολικής ΕΔ (χιλιοθερμίδες) για την άσκηση squat waves σε σχέση με την side to side waves (21,3 έναντι 14,3 χιλιοθερμίδων), για την άσκηση alternative waves with reverse lunge σε σχέση με την side to side waves (24 έναντι 14,3 χιλιοθερμίδων), ενώ η άσκηση side to side waves στην ίδια συνθήκη των 30 δευτερολέπτων προκάλεσε μικρότερη συνολική ΕΔ (χιλιοθερμίδες) σε σχέση με την άσκηση split jack waves (14,3 έναντι 23 χιλιοθερμίδων) και την άσκηση burpee and slams with waves (14,3 έναντι 22,6 χιλιοθερμίδων). Για την εκτέλεση των ασκήσεων στην συνθήκη των 45 δευτερολέπτων, βρέθηκε σημαντική αύξηση της συνολικής ΕΔ (χιλιοθερμίδες) για τις ασκήσεις squat waves σε σχέση με την άσκηση side to side waves (25,2 έναντι 16,6 χιλιοθερμίδων) και για την άσκηση alternative waves with reverse lunge σε σχέση με την άσκηση side to side waves (23,9 έναντι 16,6 χιλιοθερμίδων), ενώ η άσκηση side to side waves στην ίδια συνθήκη των 45 δευτερολέπτων βρέθηκε σημαντική μικρότερη

συνολική ΕΔ (χιλιοθερμίδες) σε σχέση με την άσκηση split jack waves (14,3 έναντι 30,9 χιλιοθερμίδων) και την άσκηση burpee and slams with waves (14,3 έναντι 31,1 χιλιοθερμίδων). Επίσης, εντοπίστηκαν διαφορές μεταξύ των δύο συνθηκών άσκησης 45 και 30 δευτερολέπτων. Βρέθηκε σημαντική αύξηση της συνολικής ΕΔ (χιλιοθερμίδες) για τις ασκήσεις: α) split jack waves (30,9 έναντι 23 χιλιοθερμίδων (ποσοστό 34,3%) και για την burpee and slams with waves (31,1 έναντι 22,6 χιλιοθερμίδων (ποσοστό 37,6%).

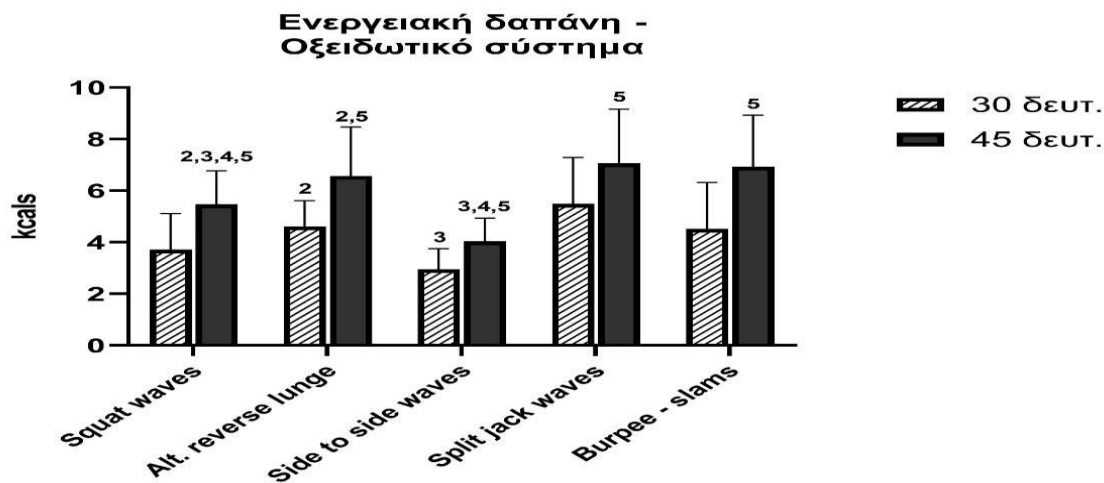


Σχήμα 4. Συνολική ενεργειακή δαπάνη στις πέντε ασκήσεις των δυο συνθηκών.²Σημαντική διαφορά με την άσκηση side to side waves στην ίδια συνθήκη, ³Σημαντική διαφορά με την άσκηση split jack waves στην ίδια συνθήκη, ⁴Σημαντική διαφορά με την άσκηση burpee and slams with waves στην ίδια συνθήκη, ⁵Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη 45 δευτερολέπτων στην ίδια άσκηση.

Οι πέντε ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν προκάλεσαν σημαντική αύξηση της αερόβιας ΕΔ (χιλιοθερμίδες) από 2,95 έως 5,49 χιλιοθερμίδες στη συνθήκη των 30 δευτερολέπτων και από 4,04 έως 7,1 χιλιοθερμίδες στη συνθήκη των 45 δευτερολέπτων. Στη συνθήκη των 30 δευτερολέπτων βρέθηκε ότι προκλήθηκε σημαντική αύξηση της αερόβιας ΕΔ (χιλιοθερμίδες) για την άσκηση alternative reverse lunge with waves σε σχέση με την άσκηση side to side waves (4,61 έναντι 2,95 χιλιοθερμίδων). Στην ίδια συνθήκη βρέθηκε σημαντικά μικρότερη αύξηση μεταξύ της άσκησης side to side waves και της άσκησης split jack waves (2,95 έναντι 5,49 χιλιοθερμίδων).

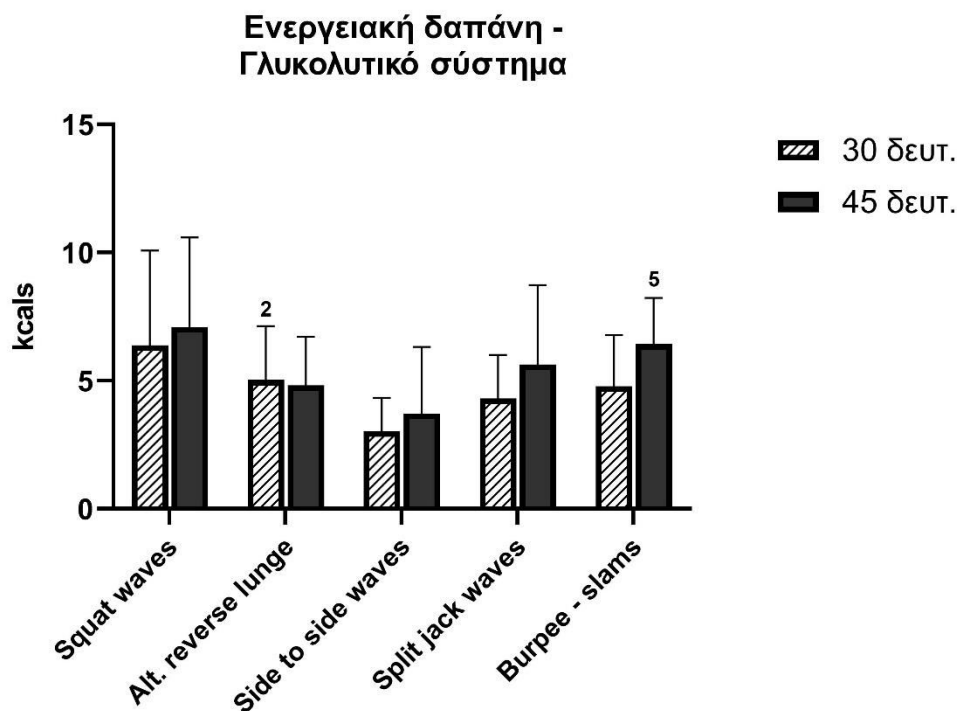
Για την εκτέλεση των ασκήσεων στην συνθήκη των 45 δευτερολέπτων, βρέθηκαν σημαντικά μικρότερες αυξήσεις της αερόβιας ΕΔ (χιλιοθερμίδες), για την άσκηση squat waves σε σχέση με την άσκηση alternative reverse lunge with waves (5,47 έναντι 6,57 χιλιοθερμίδες), σε σχέση με την άσκηση split jack waves (5,47 έναντι 7,1 χιλιοθερμίδων) και σε σχέση με την άσκηση burpee and slams with waves (5,47 έναντι 6,93 χιλιοθερμίδων). Για την ίδια συνθήκη βρέθηκε σημαντικά μεγαλύτερη αύξηση στην άσκηση alternative reverse lunge with waves σε σχέση με την άσκηση side to side waves (6,57 έναντι 4,04 χιλιοθερμίδων). Ακόμη, βρέθηκε σημαντικά μικρότερη αύξηση για την άσκηση side to side waves σε σχέση με την άσκηση split jack waves (4,04 έναντι 7,1 χιλιοθερμίδων) και σε σχέση με την άσκηση burpee and slams with waves (4,04 έναντι 6,93 χιλιοθερμίδων).

Ακόμη, εντοπίστηκαν διαφορές μεταξύ των δύο συνθηκών άσκησης 45 και 30 δευτερολέπτων. Βρέθηκε σημαντική αύξηση της αερόβιας ΕΔ (χιλιοθερμίδες) για όλες τις ασκήσεις των συνθηκών: α) για την squat waves (5,47 έναντι 3,71 χιλιοθερμίδων (ποσοστό 47,4%) β) για την alternative reverse lunge with waves (6,57 έναντι 4,61 χιλιοθερμίδων (ποσοστό 42,5%), γ) για την side to side waves (4,04 έναντι 2,95 χιλιοθερμίδων (ποσοστό 36,9%), δ) για την split jack waves (7,1 έναντι 5,49 χιλιοθερμίδων (ποσοστό 29,3%) και ε) για την burpee and slams with waves (6,93 έναντι 4,52 χιλιοθερμίδων (ποσοστό 53,3%).



Σχήμα 5. Ενεργειακή δαπάνη οξειδωτικού συστήματος στις πέντε ασκήσεις των δυο συνθηκών.²Σημαντική διαφορά με την άσκηση side to side waves στην ίδια συνθήκη, ³Σημαντική διαφορά με την άσκηση split jack waves στην ίδια συνθήκη, ⁴Σημαντική διαφορά με την άσκηση burpee and slams with waves στην ίδια συνθήκη, ⁵Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη 45 δευτερολέπτων στην ίδια άσκηση.

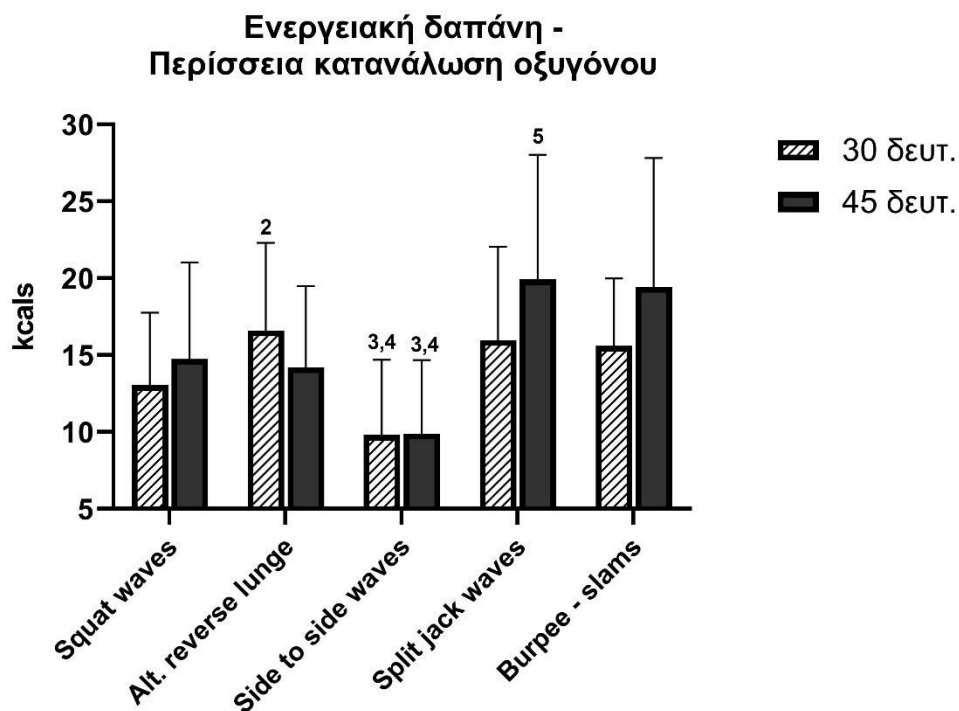
Οι πέντε ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν προκάλεσαν σημαντική αύξηση της αναερόβιας ΕΔ (χιλιοθερμίδες) από 3,03 χιλιοθερμίδες έως 6,38 χιλιοθερμίδες στη συνθήκη των 30 δευτερολέπτων και από 3,72 χιλιοθερμίδες έως 7,08 χιλιοθερμίδες στη συνθήκη των 45 δευτερολέπτων. Στη συνθήκη των 30 δευτερολέπτων, η εκτέλεση της άσκησης alternative reverse lunge with waves προκάλεσε σημαντική αύξηση στην αναερόβια ΕΔ (χιλιοθερμίδες) σε σχέση με την άσκηση side to side waves (5,03 έναντι 3,03 χιλιοθερμίδων). Δεν εντοπίστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ασκήσεων στη συνθήκη των 45 δευτερολέπτων. Μεταξύ των συνθηκών εκτέλεσης άσκησης 45 και 30 δευτερολέπτων εντοπίστηκε σημαντική αύξηση στην άσκηση burpee and slams with waves (6,43 έναντι 4,78 χιλιοθερμίδων (ποσοστό 34,5%).



Σχήμα 6. Ενεργειακή δαπάνη γλυκολυτικού συστήματος στις πέντε ασκήσεις των δυο συνθηκών. ²Σημαντική διαφορά με την άσκηση side to side waves στην ίδια συνθήκη, ⁵Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη 45 δευτερολέπτων στην ίδια άσκηση.

Οι πέντε ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν προκάλεσαν σημαντική αύξηση του ΕΡΟC (χιλιοθερμίδες) από 9,81 χιλιοθερμίδες έως 16,63 χιλιοθερμίδες στη συνθήκη των 30 δευτερολέπτων και από 9,88 χιλιοθερμίδες έως 19,93 χιλιοθερμίδες στη συνθήκη των 45 δευτερολέπτων. Στη συνθήκη των 30 δευτερολέπτων, η εκτέλεση της άσκησης alternative reverse lunge with waves προκάλεσε σημαντική

αύξηση στο EPOC (χιλιοθερμίδες) σε σχέση με την άσκηση side to side waves (16,63 έναντι 9,81 χιλιοθερμίδων). Ακόμη, βρέθηκαν σημαντικά μικρότερες αυξήσεις της άσκησης side to side waves σε σχέση με τις ασκήσεις split jack waves (9,81 έναντι 15,96 χιλιοθερμίδων) και burpee and slams with waves (9,81 έναντι 15,59 χιλιοθερμίδων). Στη συνθήκη των 45 δευτερολέπτων, βρέθηκαν σημαντικά μικρότερες αυξήσεις του EPOC κατά την άσκηση side to side waves σε σχέση με τις ασκήσεις split jack waves (9,88 έναντι 19,93 χιλιοθερμίδων) και burpee and slams with waves (9,88 έναντι 19,43 χιλιοθερμίδων). Μεταξύ των συνθηκών εκτέλεσης άσκησης 45 και 30 δευτερολέπτων εντοπίστηκε σημαντική αύξηση του EPOC κατά την άσκηση split jack waves (19,93 έναντι 15,96 χιλιοθερμίδων (ποσοστό 24,8%).



Σχήμα 7. Ενεργειακή δαπάνη περίσσειας κατανάλωσης οξυγόνου στις πέντε ασκήσεις των δυο συνθηκών. ²Σημαντική διαφορά με την άσκηση side to side waves στην ίδια συνθήκη, ³Σημαντική διαφορά με την άσκηση split jack waves στην ίδια συνθήκη, ⁴Σημαντική διαφορά με την άσκηση burpee and slams with waves στην ίδια συνθήκη, ⁵Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη 45 δευτερολέπτων στην ίδια άσκηση.

3.4. Συζήτηση

Στην παρούσα μελέτη διερευνήθηκε για πρώτη φορά η επίδραση στην θερμιδική δαπάνη κατά την διάρκεια εκτέλεσης ασκήσεων με ΣΜ σε δύο διαφορετικές χρονικές διάρκειες, των 30 και 45

δευτερολέπτων. Μια σημαντική καινοτομία της μελέτης αποτελεί το γεγονός ότι είναι η πρώτη που εξετάζει την θερμιδική δαπάνη κατά την διάρκεια εκτέλεσης πέντε ασκήσεων: 1) squat waves, 2) alternative waves with reverse lunge, 3) side to side waves, 4) split jack waves και 5) burpee and slams with waves), η οποία περιέχει ποικιλία κινητικών μοτίβων (διποδικό, μονοποδικό, αντιθετικό, περιστροφικό, πίεση, έλξη και σύνθετο), συγκρίνοντάς τις όλες μεταξύ τους, αλλά και μεταξύ των δύο χρονικών συνθηκών εκτέλεσης. Τα αποτελέσματα της μελέτης είναι τα εξής: Όταν η συνθήκη εκτέλεσης είναι τα 30 δευτερόλεπτα, μεγαλύτερη θερμιδική δαπάνη προκαλείται από την άσκηση alternative waves with reverse lunge (24 χιλιοθερμίδες), ενώ η άσκηση side to side waves είχε την μικρότερη θερμιδική δαπάνη (14,3 χιλιοθερμίδες). Όταν οι ασκήσεις εκτελέστηκαν σε διάρκεια 45 δευτερολέπτων μεγαλύτερη θερμιδική δαπάνη προκλήθηκε από την άσκηση burpee and slams with waves (31,1 χιλιοθερμίδες), ενώ την χαμηλότερη την προκάλεσε η άσκηση side to side waves (16,6 χιλιοθερμίδες). Επίσης, συμπεραίνουμε ότι όταν αυξήθηκε η διάρκεια των ασκήσεων από 30 σε 45 δευτερόλεπτα, σε όλες τις ασκήσεις είχαμε αύξηση της θερμιδικής δαπάνης, εκτός της άσκησης alternative waves with reverse lunge που είχαμε σχεδόν την ίδια κατανάλωση ενέργειας (24 έναντι 23,9 χιλιοθερμίδων).

Στην μελέτη μας έλαβαν μέρος συνολικά 10 άτομα, πέντε άνδρες και πέντε γυναίκες, με μέσο όρο ηλικίας 21,1 έτη, βάρους 63,5 κιλά, με Δείκτη Μάζας Σώματος 22,1 (φυσιολογικά επίπεδα), με μέσο όρο περιφέρειας μέσης 71,2 εκατοστά, με μέσο όρο περιφέρειας ισχίων 95,3 εκατοστά, με μέσο όρο σωματικής λιπώδους μάζας 18,86% (μετά από μέτρηση που πραγματοποιήθηκε με DXA), με μέσο όρο VO₂max 47,2 ml/kg/min (μέσο όρο 51,9 ml/kg/min για τους άνδρες και 42,5 ml/kg/min για τις γυναίκες), εκτέλεσαν τεστ εκτίμησης της κινητικότητας-λειτουργικότητας μέσα από ένα σύνολο 7 ασκήσεων (deep squat, hurdle step, inline lunge, shoulder mobility, active straight-leg raise, trunk stability pushup, rotary stability) πραγματοποιώντας το Functional Movement Screen (FMS). Ο μέσος όρος του σκορ που σημειώθηκε από αυτή την διαδικασία ήταν 17,6 (μέσος όρος 17,2 για τους άνδρες και 18 για τις γυναίκες). Οι συμμετέχοντες ήταν φοιτητές των ΣΕΦΑΑ Τρικάλων, μαζικά ασκούμενοι, με ελάχιστη έως καθόλου εμπειρία σε προπόνηση με ΣΜ. Η επαφή τους με τα σχοινιά επήλθε κυρίως κατά την εξοικείωσή τους (familiarization) πριν τη συμμετοχή τους στην μελέτη. Σε αντίστοιχη μελέτη των Ratamess et al. (2015), που εξέτασε 12 άτομα (19-25 ετών) και παρόμοιων χαρακτηριστικών, η διαδικασία αξιολόγησης της ενεργειακής δαπάνης ήταν αντίστοιχη, αλλά με διαφορετικό πρωτόκολλο ασκήσεων (15 δευτερόλεπτα άσκηση/45 δευτερόλεπτα διάλειμμα/για 10 συνεχόμενα λεπτά) (24). Στην μελέτη μας, ο μέσος όρος μέγιστης δύναμης πιέσεων στήθους (bench press) για όλους τους συμμετέχοντες ήταν 58,7 κιλά, για τους άνδρες (μέγιστη τιμή 100 κιλά, με μέσο όρο 78,5 κιλά) και για τις γυναίκες (μέγιστη τιμή 55 κιλά, με μέσο όρο 39 κιλά). Ακόμη, ο μέσος όρος των καθισμάτων (squats) για όλους τους συμμετέχοντες ήταν 94,25 κιλά, για τους άνδρες (μέγιστη τιμή 135 κιλά, με μέσο όρο 112 κιλά) και για

τις γυναίκες (μέγιστη τιμή 100 κιλά, με μέσο όρο 76,5 κιλά). Επιπρόσθετα, ο μέσος όρος των κοιλιακών (upper) εκτελώντας για 30 δευτερόλεπτα ήταν 21, ενώ για τις κάμπειες (torso) εκτελώντας για 30 δευτερόλεπτα ήταν 29. Σε έρευνα των Alonso-Aubin et.al. (2021) που εξέτασε αποκλειστικά τις ασκήσεις squats και bench press (1ME) σε νεαρούς παίκτες ράγκμπι και ήθελαν να εξετάσουν το προφίλ δύναμης-ταχύτητας, αναφέρθηκαν τιμές μέσου όρου 104,26 και 46,97 κιλά, αντίστοιχα (70).

Το γαλακτικό οξύ μετρήθηκε παίρνοντας τριχοειδικό αίμα πριν κάθε άσκηση (επιθυμητά επίπεδα περίπου 1 mmol πριν εκτελέσει την άσκηση) και 4 λεπτά ακριβώς μετά. Ο μέσος όρος του γαλακτικού οξέος για την συνθήκη των 30 δευτερολέπτων ήταν 6,2 mmol, ενώ για την συνθήκη των 45 δευτερολέπτων ήταν 7 mmol. Στην έρευνά μας, όταν η συνθήκη εκτέλεσης ήταν τα 30 δευτερόλεπτα, οι τιμές του γαλακτικού οξέος που παρατηρήθηκαν ήταν από 4,4 – 7,6 mmol, το οποίο αντιστοιχούσε σε % μεταβολή (από τα επίπεδα ηρεμίας) από 324,8 – 645,5 %, με μεγαλύτερη συγκέντρωση στην άσκηση squat waves (7,6mmol), στην άσκηση burpee and slams with waves (6,5mmol), στην άσκηση alternative waves with reverse lunge (6,4mmol), στην άσκηση split jack waves (6 mmol), ενώ την χαμηλότερη τιμή είχε η άσκηση side to side waves (4,4 mmol). Σε αυτά τα δευτερόλεπτα άσκησης, γνωρίζουμε ότι υπάρχει υψηλή συμμετοχή της γαλακτικής γλυκόλυσης, έχοντας μέγιστη ένταση, με τη συμμετοχή μεγάλων μυϊκών ομάδων, ανάλογα με το κινητικό τους μοτίβο. Οι (Fountaine, Schmidt, 2015) ανέφεραν στην έρευνά τους μέγιστα επίπεδα γαλακτικού οξέος 11,9 +- 1,4 mmol (17). Οι Fortner et.al. (2014) που μελέτησαν μεταβολικές απαιτήσεις του Kettlebell Swing με τη χρήση Tabata Interval (20 δευτερόλεπτα άσκησης/10 δευτερόλεπτα ανάπαυσης/για 4 λεπτά), έναντι ενός παραδοσιακού πρωτοκόλλου αντίστασης, ανέφεραν συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα (1 λεπτό μετά την άσκηση) 6,4 έναντι 3,7 mmol, τα οποία αντιστοιχούν σε τιμές γαλακτικού μικρότερες από της δικής μας έρευνας (71). Επίσης, σε έρευνα των Foxdal et.al. (1996) μελέτησαν τις διαφορές στις συγκεντρώσεις γαλακτικού οξέος στο αίμα για 8 πυροσβέστες και 6 μαραθωνοδρόμους σε: α) τρεις δοκιμασίες διαδρόμου 5 x 4, 6, 8 λεπτά και β) έξι δοκιμασίες διαδρόμου με σταθερή ένταση διάρκειας 50 λεπτών. Στην δοκιμασία (α), για τους μαραθωνοδρόμους, οδήγησε σε συσσώρευση γαλακτικού οξέος σε ένα μέσο επίπεδο 8,1 mmol, ενώ για τους πυροσβέστες 7,3 mmol. Όταν η άσκηση 5 x 8 λεπτά εκτελέστηκε σε αυτές τις ομάδες, σημειώθηκε σταθερή συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα σε ένα μέσο επίπεδο 5,3 mmol (72). Συνάγεται το συμπέρασμα ότι, σε διαφορετικές ομάδες εξέτασης και διαφορετικού μοτίβου διάρκειας/έντασης ασκήσεις, είχαν παρόμοια αποτελέσματα στο επίπεδο του γαλακτικού οξέος σε σχέση με αυτές του δικού μας πρωτοκόλλου, παρόλο που η διάρκεια των δικών μας ασκήσεων ήταν πολύ μικρότερη.

Στη συνθήκη εκτέλεσης των 45 δευτερολέπτων, οι τιμές του γαλακτικού οξέος που παρατηρήθηκαν ήταν από 4,6 – 8,4 mmol, το οποίο αντιστοιχούσε σε % μεταβολή (από τα επίπεδα ηρεμίας) από 209,9 – 761,3 %, με μεγαλύτερη συγκέντρωση στην άσκηση squat waves (8,4 mmol), στην άσκηση burpee and

slams with waves (8,3 mmol), στην άσκηση split jack waves (7,2 mmol), στην άσκηση alternative waves with reverse lunge (6,3 mmol), ενώ την χαμηλότερη συγκέντρωση είχε η άσκηση side to side waves (4,6 mmol). Συμπεραίνουμε ότι, όταν αυξήθηκε η διάρκεια των ασκήσεων από 30 σε 45 δευτερόλεπτα, σε όλες τις ασκήσεις υπήρχε αύξηση του γαλακτικού οξέος, το οποίο θα μπορούσε να οφείλεται στη μεγαλύτερη διάρκεια της άσκησης, εκτός της άσκησης alternative waves with reverse lunge που μετρήθηκε σχεδόν ίδια τιμή γαλακτικού οξέος (6,4 έναντι 6,3 mmol), το οποίο θα μπορούσε να οφείλεται στο κινητικό πρότυπο, τον ρυθμό και την ένταση της άσκησης, για την οποία παρατηρήθηκε ότι δεν μπορούσε να αυξηθεί σημαντικά λόγω του ότι οι ασκούμενοι έπρεπε να μείνουν σταθερά και ισορροπημένα για όλη τη διάρκεια της άσκησης. Σε έρευνα των (Hargreaves, Spriet, 2020) (73) ανέφερε ότι η συμβολή των μεταβολικών οδών καθορίζεται κυρίως από την ένταση και την διάρκεια της άσκησης.

Όσο αναφορά την καρδιακή συχνότητα (ΚΣ), ο μέσος όρος για την συνθήκη των 30 δευτερολέπτων ήταν 158,4 παλμοί/λεπτό, ενώ για την συνθήκη των 45 δευτερολέπτων ήταν 165,5 παλμοί/λεπτό. Ο μέσος όρος της μέγιστης ΚΣ, για τους άνδρες ήταν 194,8 παλμοί/λεπτό και για τις γυναίκες 186,2 παλμοί/λεπτό. Οι ασκήσεις που εφαρμόστηκαν με ΣΜ των 30 δευτερολέπτων, προκάλεσαν ΚΣ από 154,2 – 164,8 παλμούς/λεπτό, το οποίο αντιστοιχούσε στο 63,8 - 70,6% της μέγιστης ΚΣ. Μεγαλύτερη μέση τιμή παρατηρήθηκε κατά την άσκηση squat waves (164,8 παλμούς/λεπτό), στην άσκηση alternative waves with reverse lunge (161,1 παλμούς/λεπτό) στην άσκηση split jacks waves (157,6 παλμούς/λεπτό), στην άσκηση burpee and slams with waves (154,4 παλμούς/λεπτό), ενώ την χαμηλότερη μέση τιμή είχε η άσκηση side to side waves (154,2 παλμούς/λεπτό). Στην μελέτη των Ratamess et.al. (2015) αναφέρθηκε μία μέση ΚΣ 153,5 παλμοί/λεπτό για άσκηση με ΣΜ 30 δευτερολέπτων, η οποία είναι 5 παλμοί/λεπτό περίπου χαμηλότερη από την δική μας συνθήκη (19). Ενώ, οι (Fountaine, Schmidt, 2015) ανέφεραν μία μέση ΚΣ 163 παλμούς/λεπτό που ήταν το 86% της μέγιστης προβλεπόμενης για την ηλικία και μέγιστους καρδιακούς παλμούς 178 ανά λεπτό που αποτελεί το 94% του προβλεπόμενου ηλικιακού ορίου (17).

Κατά την εκτέλεση ασκήσεων των 45 δευτερολέπτων, προκλήθηκε ΚΣ από 159,8 – 168,7 παλμοί/λεπτό που αντιστοιχούσε στο 71 – 74,1% της μέγιστης ΚΣ, με μεγαλύτερη μέση επίδραση κατά την άσκηση alternative waves with reverse lunge (168,7 παλμούς/λεπτό), στην άσκηση split jack waves (168 παλμούς/λεπτό), την άσκηση squat waves (165,9 παλμούς/λεπτό), στην άσκηση burpee and slams with waves (165,4 παλμούς/λεπτό), ενώ την χαμηλότερη μέση επίδραση είχε η άσκηση side to side waves (159,8 παλμούς/λεπτό).

Επίσης, συμπεραίνουμε ότι όταν αυξήθηκε η διάρκεια των ασκήσεων από 30 σε 45 δευτερόλεπτα, σε όλες τις ασκήσεις υπήρχε αύξηση της ΚΣ στα 45 δευτερόλεπτα και αυτό οφείλεται λόγω της μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας εκτέλεσης της άσκησης. Σε έρευνα των Ratamess et.al. (2015) οι τιμές ΚΣ που παρατηρήθηκαν (πρωτοκόλλου 15 δευτερόλεπτα άσκησης/1 λεπτό διάλειμμα), ήταν από 157-164

παλμοί/λεπτό, ενώ (του πρωτοκόλλου 15 δευτερόλεπτα άσκησης/2 λεπτά διάλειμμα) ήταν 140-148 παλμοί/λεπτό (24). Συμπεραίνεται ότι μιας μεγαλύτερης διάρκειας διάλειμμα, βοηθά στην μεγαλύτερη ανάκτηση της καρδιακής λειτουργίας κατά 17 παλμούς/λεπτό. Οι Fortner et.al. (2014) ανέφεραν μέσο όρο ΚΣ στην προπόνηση Tabata 162,4 παλμούς/λεπτό έναντι της παραδοσιακής προπόνησης 145,6 παλμούς/λεπτό, η οποία επιφέρει και αυτή μια μεταβολή της τάξης των 17 παλμών/λεπτό (71). Σε έρευνα των Farrar et.al. (2010) (53), με παρόμοιο ηλικιακό δείγμα με της δικής μας έρευνας, μέτρησαν το κόστος οξυγόνου 12 λεπτών ασκήσεων με kettlebells και ανέφεραν μέσο όρο ΚΣ 165 παλμούς/λεπτό (που είναι παρόμοια με της δική μας συνθήκης των 45 δευτερολέπτων) και μέσο όρο μέγιστης ΚΣ% (86,8%) (53).

Επίσης, στην έρευνά μας, κατά την δοκιμασία σε κυκλοεργόμετρο, μετρήθηκε η VO_{2max} με μια τιμή μέσο όρο 47,2 ml/kg/min, με την VO_2 στα 30 δευτερόλεπτα να ήταν 26,8 ml/kg/min και στα 45 δευτερόλεπτα 31,8 ml/kg/min. Αντίστοιχα αποτελέσματα βρήκε και η έρευνα των Ratamess et.al. (2015) με παρόμοιο ηλικιακό και αριθμητικό δείγμα, οι οποίοι εκτέλεσαν 3 ασκήσεις με ΣΜ και βρήκαν VO_2 24,6 ml/kg/min και μέσο όρο VO_{2max} 38,6 ml/kg/min, (51% της VO_{2max}) (19). Στην έρευνα των (Fountaine, Schmidt, 2015) σε παρόμοιο δείγμα, παρατηρήθηκε μέγιστη VO_2 35,4 ml/kg/min (17). Σε έρευνα των Ratamess et.al. (2015), αντίστοιχων ηλικιακών δειγμάτων με τη δική μας μελέτη, βρέθηκε μία τιμή μέσο όρο της VO_2 25,5 ml/kg/min (που είναι μικρότερη από την δική μας κατά 1,3 ml/kg/min για την συνθήκη των 30 δευτερολέπτων) και VO_{2max} 36,9 ml/kg/min (μικρότερη κατά 10,3 ml/kg/min από την δική μας) για 15 δευτερόλεπτα άσκησης/1 λεπτό διάλειμμα/εκτελώντας 8 σετ και VO_2 19,35 ml/kg/min για 15 δευτερόλεπτα άσκησης/2 λεπτά διάλειμμα/εκτελώντας 8 σετ (24). Σε έρευνα των Farrar et.al. (2010), που εξέτασαν παρόμοιο ηλικιακό δείγμα με τη δική μας έρευνα και μέτρησαν το κόστος οξυγόνου 12 λεπτών ασκήσεων με kettlebells, αναφέρθηκε ότι μέτρησαν μέσο όρο VO_2 34,31 ml/kg/min (μεγαλύτερο κατά 2,51 ml/kg/min σε σύγκριση με τη δική μας συνθήκη των 45 δευτερολέπτων) (53). Ακόμη, οι Fortner et.al. (2014) ανέφεραν μια μέση τιμή VO_2 , προπόνησης Tabata, 33,1 ml/kg/min (μεγαλύτερη κατά 1,3 ml/kg/min σε σύγκριση με την δική μας συνθήκη των 45 δευτερολέπτων), έναντι μιας παραδοσιακής προπόνησης αντιστάσεων 27,2 ml/kg/min (μεγαλύτερη κατά 0,4 ml/kg/min σε σύγκριση με την δική μας συνθήκη των 30 δευτερολέπτων) (71). Σε άλλη έρευνα των Sloniger et.al. (1997) που συμμετείχαν 12 δραστήριες γυναίκες, μέσο όρο ηλικίας 23 ετών, και μελέτησε την αναερόβια ικανότητα και μυϊκή ενεργοποίηση κατά τη διάρκεια οριζόντιου και ανηφορικού τρεξίματος, ανέφεραν ότι το υψηλότερο μέγιστο έλλειμμα οξυγόνου κατά τη διάρκεια του ανηφορικού σε σύγκριση με το οριζόντιο τρέξιμο, οφείλεται εν μέρει στην αυξημένη μάζα των σκελετικών μυών που ενεργοποιούνται στο κάτω άκρο (74). Συμπεραίνουμε ότι, τα πρωτόκολλα της δικής μας έρευνας επέφεραν σημαντική επίδραση στην VO_2 , συγκρίνοντάς τα με τις παραπάνω μελέτες, σε σχέση με τις απόλυτες τιμές, τη χρονική διάρκεια εκτέλεσης, τη συμμετοχή των μυϊκών ομάδων και τις μεταβολές που επέφεραν.

Όσο αναφορά την μέτρηση της θερμιδικής δαπάνης των ασκήσεων των πρωτοκόλλων της έρευνάς μας, κατά μέσο όρο για την συνθήκη των 30 δευτερολέπτων ήταν 21,04 χιλιοθερμίδες, ενώ για την συνθήκη των 45 δευτερολέπτων ήταν 25,54 χιλιοθερμίδες. Η θερμιδική κατανάλωση των ασκήσεων στην συνθήκη των 30 δευτερολέπτων ήταν: για την άσκηση squat waves (21,3 χιλιοθερμίδες), για την άσκηση alternative waves with reverse lunge (24 χιλιοθερμίδες), για την άσκηση side to side waves (14,3 χιλιοθερμίδες), για την άσκηση split jack waves (23 χιλιοθερμίδες) και για την άσκηση burpee and slams with waves (22,6 χιλιοθερμίδες). Η θερμιδική κατανάλωση των ασκήσεων στην συνθήκη των 45 δευτερολέπτων ήταν: για την άσκηση squat waves (25,2 χιλιοθερμίδες), για την άσκηση alternative waves with reverse lunge (23,9 χιλιοθερμίδες), για την άσκηση side to side waves (16,6 χιλιοθερμίδες), για την άσκηση split jack waves (30,9 χιλιοθερμίδες) και για την άσκηση burpee and slams with waves (31,1 χιλιοθερμίδες). Για την σχεδόν ισόποση ΕΔ της άσκησης alternative waves with reverse lunge και στις 2 συνθήκες αυτό οφείλεται: α) στο EPOC όπου η ΕΚ ήταν 16,6 χιλιοθερμίδες για τη συνθήκη των 30 δευτερολέπτων, ενώ για τη συνθήκη των 45 δευτερολέπτων παρατηρήθηκε ΕΚ 14,2 χιλιοθερμίδες, όπου υπάρχει διαφορά μεταξύ των δύο, παρά την μεγαλύτερη χρονική διάρκεια εκτέλεσης άσκησης. Επίσης, β) το γαλακτικό οξύ μετρήθηκε στα 6,4mmol στη συνθήκη των 30 δευτερολέπτων και 6,3mmol στη συνθήκη των 45 δευτερολέπτων, είχαν δηλαδή σχεδόν την ίδια επίδραση μεταξύ των δύο συνθηκών.

Στην έρευνα των Ratamess et. al. (2015) βρέθηκε ότι η ΕΔ που προκλήθηκε μετά από 3 ασκήσεις με ΣΜ διάρκειας 30 δευτερολέπτων, ήταν κατά μέσο όρο 10,3 χιλιοθερμίδες (έναντι 21,04 χιλιοθερμίδες της δική μας συνθήκης των 30 δευτερολέπτων) (19). Σε έρευνα των (Fountain, Schmidt, 2015) (17) που εξέτασε 15 δευτερόλεπτα άσκησης/45 δευτερόλεπτα διάλειμμα, για 10 συνεχόμενα λεπτά άσκησης με ΣΜ, αναφέρθηκε μία μέση κατανάλωση 9,87 χιλιοθερμίδες (17). Σε άλλη έρευνα των Ratamess et. al. (2015), μέτρησαν την ΕΔ σε 9,8 χιλιοθερμίδες/λεπτό (σε πρωτόκολλο με 1 λεπτό διάλειμμα) και 6,9 χιλιοθερμίδες/λεπτό (σε πρωτόκολλο με 2 λεπτά διάλειμμα) (24).

Σε μελέτη που παρουσίασαν οι Rustaden et.al. (2020) και μελέτησαν την ΕΔ κατά τη διάρκεια της άσκησης BodyPump και της άσκησης αντίστασης με βαρύ φορτίο σε υπέρβαρες γυναίκες, ανέφεραν ότι κατά την άσκηση BodyPump, διάρκειας 53 λεπτών ανά συνεδρία, με μέσο όρο καρδιακού ρυθμού 142 παλμούς/λεπτό και κατανάλωση οξυγόνου (VO₂) 12,3 ml/kg/min, κατανάλωναν κατά μέσο όρο 4,7 χιλιοθερμίδες/λεπτό με εύρος ανά προπόνηση 170-378 χιλιοθερμίδες (38). Αυτό θα μπορούσε να συγκριθεί με 3 σετ επί των 5 ασκήσεων του πρωτοκόλλου μας σε συνθήκη των 45 δευτερολέπτων, τα οποία μπορούν να επιφέρουν ΕΔ 383,1 χιλιοθερμίδες. Σε παρόμοια έρευνα των Berthiaume et. al. (2015) μέτρησαν την ΕΔ κατά την διάρκεια άσκησης BodyPump σε 40 υγιείς ενήλικες, οι οποίοι πραγματοποίησαν 3 συνεδρίες διάρκειας 60 λεπτών, μέτριας έντασης, με μέση ΕΔ 250,3 χιλιοθερμίδες ή 4,2 χιλιοθερμίδες/λεπτό (39). Θα μπορούσε να συγκριθεί με 2 σετ επί των 5 ασκήσεων του πρωτοκόλλου

μας σε συνθήκη των 45 δευτερολέπτων, τα οποία μπορούν να επιφέρουν ΕΚ 255,4 χιλιοθερμίδες. Σε αυτές τις διάρκειες άσκησης, θα πρέπει να λαμβάνουμε πάντα υπόψιν τη συνεισφορά κάθε ενεργειακού συστήματος, που για την άσκηση BodyPump υπάρχει μεγαλύτερη συμμετοχή του αερόβιου-οξειδωτικού συστήματος. Παρόλα αυτά, μπορεί να υπάρχει μια υποκειμενική σύγκριση μεταξύ των ασκήσεων του πρωτοκόλλου μας και του προγράμματος άσκησης BodyPump μεγάλης διάρκειας, όπως και για κάθε άλλη άσκηση τέτοιας ή παρόμοιας διάρκειας.

Σε έρευνα των Reis et. al. (2017) που μελέτησε αποκλειστικά τις ασκήσεις καθισμάτων (squats) και πιέσεις στήθους (bench press), ανέφεραν ότι κατά την εκτέλεση ασκήσεων καθισμάτων (squats) στο 40% της 1 ΜΕ επέφερε ΕΚ 11 χιλιοθερμίδες/λεπτό και 18 χιλιοθερμίδες/λεπτό στο 70% της 1 ΜΕ (75). Οι Benito et. al. (2016) ανέφεραν ότι κατά την εκτέλεση πιέσεων στήθους (bench press) στο 40% της 1 ΜΕ, επέφερε ΕΚ 10,49 χιλιοθερμίδες/λεπτό και 16,25 χιλιοθερμίδες/λεπτό στο 70% της 1 ΜΕ (43). Συγκριτικά τώρα, σε 1 σετ άσκησης side to side with waves των 30 δευτερολέπτων του πρωτοκόλλου μας, επέφερε ΕΚ 14,3 χιλιοθερμίδες (15,79 χιλιοθερμίδες/λεπτό). Από αυτό συμπεραίνεται ότι η άσκηση με ΣΜ, παρόλο που χρονικά είναι μικρή, μπορεί να επιφέρει μεγάλη ενεργειακή κατανάλωση σε σχέση με το χρόνο και την ένταση της άσκησης και αποδεικνύεται αρκετά ενεργοβόρα.

Ακόμη, σε έρευνα των Falcone et al. (2015) που σύγκρινε άνδρες που εκτέλεσαν 4 ξεχωριστές ασκήσεις μέτριας ή έντονης έντασης, για περίπου 30 λεπτά η καθεμία, ανέφερε ότι η θερμιδική δαπάνη ήταν σημαντικά μεγαλύτερη κατά την άσκηση σε υδραυλικό σύστημα αντίστασης (12,62 χιλιοθερμίδες/λεπτό), σε σύγκριση με μια τυπική προπόνηση με βάρη (8,83 χιλιοθερμίδες/λεπτό), το τρέξιμο σε διάδρομο (9,48 χιλιοθερμίδες/λεπτό) και την ποδηλασία (9,23 χιλιοθερμίδες/λεπτό) (76). Αυτά τα δεδομένα υποδηλώνουν ότι τα άτομα μπορούν να καταναλώσουν περισσότερες θερμίδες εκτελώντας μια συνεδρία HIIT με ένα υδραυλικό σύστημα αντίστασης, από το να ξοδέψουν τον ίδιο χρόνο εκτελώντας μια συνεδρία άσκησης σταθερής κατάστασης. Αυτή η μορφή παρέμβασης άσκησης μπορεί να είναι επωφελής για τα άτομα που θέλουν να αποκομίσουν τα οφέλη τόσο της άσκησης αντίστασης όσο και της καρδιαγγειακής προπόνησης, αλλά έχουν περιορισμένο χρόνο να αφιερώσουν για άσκηση.

Σε άλλη έρευνα των Wood et al. (2016) αναφέρθηκε ότι η ΕΔ ήταν σημαντικά υψηλότερη στην HIIT με μέσο όρο 209,3 χιλιοθερμίδες, σε ένα πρωτόκολλο διάρκειας 24 λεπτών, που αποτελούνταν από οκτώ 1-λεπτα, έντασης στο 85% Wmax (μέγιστου φόρτου εργασίας κατά την άσκηση) με ενεργό διάλειμμα 1 λεπτού και αποκατάσταση στο 25% Wmax, έναντι της SIT (διαλειμματική προπόνηση σπριντ) με μέσο όρο 193,5 χιλιοθερμίδες, που περιλάμβανε οκτώ περιόδους των 30 δευτερολέπτων στο 130% Wmax με 90 δευτερόλεπτα ενεργής αποκατάστασης στο 25% Wmax. Κατά τη διάρκεια της HIIT, τα άτομα κατανάλωσαν σημαντικά περισσότερες θερμίδες (77).

Εν συνεχεία των προηγούμενων συγκρίσεων, μετρώντας 3 σετ επί των 5 ασκήσεων του πρωτοκόλλου μας σε συνθήκη των 30 δευτερολέπτων, μπορούν να επιφέρουν ΕΚ 315,6 χιλιοθερμίδες, που είναι παρόμοια με αερόβια άσκηση διάρκειας 60 λεπτών, μέτριας έντασης, η οποία σύμφωνα με τους Ainsworth et. al. (2000) επέφερε συνολική ΕΚ 333 χιλιοθερμίδες ή 5,55 χιλιοθερμίδες/λεπτό (78). Επιπρόσθετα, μετρώντας 2 σετ επί των 5 ασκήσεων του πρωτοκόλλου μας σε συνθήκη των 45 δευτερολέπτων, μπορούν να επιφέρουν ΕΚ 255,4 χιλιοθερμίδες, που είναι παρόμοια με άσκηση πετοσφαίρισης - volleyball διάρκειας 60 λεπτών, η οποία σύμφωνα με τους Ainsworth et. al. (2000) επέφερε συνολική ΕΚ 266,4 χιλιοθερμίδες ή 4,44 χιλιοθερμίδες/λεπτό (78). Τέλος, μετρώντας 2 σετ επί των 5 ασκήσεων του πρωτοκόλλου μας στη συνθήκη των 30 δευτερολέπτων, μπορούν να επιφέρουν ΕΚ 210,4 χιλιοθερμίδες, που είναι παρόμοια με άσκηση αντισφαίρισης - tennis διάρκειας 60 λεπτών, η οποία σύμφωνα με τους Ainsworth et. al. (2000) επέφερε συνολική ΕΔ 166,2 χιλιοθερμίδες ή 2,77 χιλιοθερμίδες/λεπτό, αρκετά χαμηλότερη από την ΕΚ των ασκήσεων του πρωτοκόλλου μας (78).

Συγκρίνοντας όλα τα παραπάνω, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η ΕΔ που δημιουργείται από τα δικά μας πρωτόκολλα ασκήσεων με ΣΜ είναι σημαντικά υψηλή, και επιβεβαιώνει την σημαντικότητα αυτών των ασκήσεων για την χρήση σε προγράμματα που απαιτούν υψηλή ενεργειακή κατανάλωση.

Όσο αναφορά περαιτέρω την ΕΔ, επειδή μετρήσαμε 3 συστήματα ενέργειας (αερόβιο-οξειδωτικό, αναερόβιο-γλυκολυτικό και EPOC-περίσσειας κατανάλωσης οξυγόνου), τα αποτελέσματα των μέσων όρων των τριών συστημάτων ήταν τα ακόλουθα: α) για το αερόβιο σύστημα η ΕΔ για την συνθήκη των 30 δευτερολέπτων ήταν κατά μέσο όρο 4,3 χιλιοθερμίδες (από 2,95 – 5,49 χιλιοθερμίδες), ενώ για την συνθήκη των 45 δευτερολέπτων ήταν 5,1 χιλιοθερμίδες (από 4,04 – 7,1 χιλιοθερμίδες), β) για το αναερόβιο σύστημα η ΕΔ για την συνθήκη των 30 δευτερολέπτων ήταν κατά μέσο όρο 4,7 χιλιοθερμίδες (από 3,03 – 6,38 χιλιοθερμίδες), ενώ για την συνθήκη των 45 δευτερολέπτων ήταν 5,54 χιλιοθερμίδες (από 3,72 – 7,08 χιλιοθερμίδες) και γ) για το EPOC η ΕΔ για την συνθήκη των 30 δευτερολέπτων ήταν κατά μέσο όρο 14,21 χιλιοθερμίδες (από 9,81 – 16,63 χιλιοθερμίδες) με μέση διάρκεια ανάκτησης 9 λεπτά, ενώ για την συνθήκη των 45 δευτερολέπτων ήταν 15,63 χιλιοθερμίδες (από 9,88 – 19,93 χιλιοθερμίδες) με μέση διάρκεια ανάκτησης 8,6 λεπτά. Σε έρευνα των (Fountain, Schmidt, 2015), αναφέρθηκε μία μέση διάρκεια EPOC 13,4 λεπτά, αυξημένη κατά 4,8 λεπτά σε σχέση με την δική μας (17). Επίσης, μεγαλύτερη ΕΔ και για τις 2 συνθήκες άσκησης, προήλθε από την περίσσεια κατανάλωσης οξυγόνου (EPOC), κατά την οποία παρατηρήθηκαν μεγάλες μεταβολικές απαιτήσεις μετά την λήξη της άσκησης και έντονο καρδιαγγειακό ερέθισμα. Η μικρότερη ΕΔ υπήρξε από το οξειδωτικό σύστημα, ενώ η μεγαλύτερη συνεισφορά υπήρξε από το γλυκολυτικό σύστημα, λόγω της διάρκειας και της έντασης της άσκησης.

Επιπρόσθετα, η χαμηλότερη ΕΔ παρατηρήθηκε κατά την εκτέλεση της άσκησης side to side waves και για τις δύο συνθήκες, για τα 30 και 45 δευτερόλεπτα (14,3 και 16,6 χιλιοθερμίδες αντίστοιχα) η οποία οφείλεται σε χαμηλότερη ΕΔ τόσο του αερόβιου (2,95 και 4,04 χιλιοθερμίδες αντίστοιχα), όσο και του αναερόβιου ενεργειακού συστήματος (3,03 και 3,72 χιλιοθερμίδες αντίστοιχα), αλλά και του ΕΡΟC (9,81 και 9,88 χιλιοθερμίδες αντίστοιχα). Η συμμετοχή των μυϊκών ομάδων σε αυτή την άσκηση είναι μικρότερη λόγω του προτύπου της κίνησης, το οποίο δεν απαιτεί κίνηση των κάτω άκρων, συμμετέχοντας μόνο τα άνω άκρα και ο κορμός.

Τέλος, οι οξείες καρδιομεταβολικές αποκρίσεις που επέρχονται κατά την άσκηση, αλλά και μετά από αυτήν μπορεί να επηρεάζεται από κάποιους παράγοντες όπως η ηλικία, το φύλο, το επίπεδο φυσικής κατάστασης κ.α. Αντίστοιχη έρευνα του Faigenbaum et.al (2018) που μελέτησε καρδιομεταβολικές αποκρίσεις προπόνησης ΗΠΤ σε νεαρά άτομα, ανέφερε κάτι παρόμοιο (79). Στην παρούσα έρευνα οι ασκήσεις που εκτελέστηκαν αφορούσαν διάφορα κινητικά μοντέλα. Η ΕΔ εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως το ποσοστό μυϊκής μάζας που συμμετέχει, η ένταση, η ταχύτητα κίνησης, ο αριθμός των σετ και των επαναλήψεων, το φορτίο, ο όγκος προπόνησης και τα διαλείμματα μεταξύ των σετ κ.α. Σε έρευνα των de Mello Meirelles et.al (2004) αναφέρθηκε ότι προγράμματα ασκήσεων που εκτελούνται από μεγάλες μυϊκές ομάδες, επιφέρουν πιο μεγάλη ενεργειακή κατανάλωση (42). Επιπλέον, στους άνδρες η ΕΔ είναι μεγαλύτερη σε σχέση από αυτή των γυναικών, εκτελώντας ίδια πρωτόκολλα άσκησης με αντιστάσεις και αυτό οφείλεται κυρίως στη μεγαλύτερη άλιπη σωματική μάζα των αντρών, έναντι των γυναικών.

Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα της παρούσης έρευνας διαπιστώνεται ότι η εκτέλεση ασκήσεων με σχοινιά μάχης, σε δύο συνθήκες, αυτές των 30 και 45 δευτερολέπτων, προκαλεί σημαντική ενεργειακή δαπάνη, με το πρωτόκολλο των 45 δευτερολέπτων να προκαλεί τη μεγαλύτερη. Οι επαγγελματίες της άσκησης θα πρέπει να εξετάσουν αυτά τα δεδομένα, προκειμένου να συμπεριλάβουν αυτές τις ασκήσεις σε προγράμματα απώλειας βάρους και λίπους, μυϊκής ενδυνάμωσης και βελτίωσης της γενικής υγείας του πληθυσμού, είτε ως μεμονωμένες ασκήσεις, είτε ως μέρος ενός συνολικού προγράμματος, που στόχο έχει τις καρδιομεταβολικές προσαρμογές. Λόγω της σύντομης εκτέλεσης των ασκήσεων, την ποικιλία κινητικών προτύπων και της αυξημένης ενεργειακής δαπάνης που προκαλείται, ίσως αποδειχθεί μια πολύ καλή επιλογή άσκησης για άτομα που έχουν περιορισμένο χρόνο για άθληση και στοχεύουν στην απώλεια σωματικού βάρους.

Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Λόγω της σημαντικής ενεργειακής δαπάνης που παρατηρήθηκε και τις οξείες μεταβολικές επιδράσεις που επέφερε η εκτέλεση των ασκήσεων και στις δύο συνθήκες, μια πρόταση για μελλοντική έρευνα θα

μπορούσε να ήταν, το να μετρηθούν αυτές ή και άλλες ασκήσεις με διαφορετικό μήκος, βάρος σχοινιού (μεγαλύτερο), σε διαφορετικές ηλικιακές ομάδες και των δύο φύλων, σε μεγαλύτερο αριθμό ατόμων, αλλά και σε παχύσαρκους, για να καταγραφεί και εκεί η επίδραση στην θερμιδική δαπάνη. Τέλος, προτείνεται αξιολόγηση της ενεργειακής δαπάνης των ασκήσεων ως ολόκληρη προπονητική μονάδα ή ως συνδυασμό με άλλες.

4. Βιβλιογραφία

1. Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C, et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet*. 2014;384(9945):766-81.
2. Seidell JC, Halberstadt J. The global burden of obesity and the challenges of prevention. *Ann Nutr Metab*. 2015;66 Suppl 2:7-12.
3. Zheng Y, Manson JE, Yuan C, Liang MH, Grodstein F, Stampfer MJ, et al. Associations of Weight Gain From Early to Middle Adulthood With Major Health Outcomes Later in Life. *Jama*. 2017;318(3):255-69.
4. Westerterp KR. Exercise, energy balance and body composition. *Eur J Clin Nutr*. 2018;72(9):1246-50.
5. Jensen MD, Ryan DH, Apovian CM, Ard JD, Comuzzie AG, Donato KA, et al. 2013 AHA/ACC/TOS guideline for the management of overweight and obesity in adults: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and The Obesity Society. *Circulation*. 2014;129(25 Suppl 2):S102-38.
6. Miller MB, Pearcey GE, Cahill F, McCarthy H, Stratton SB, Nofall JC, et al. The effect of a short-term high-intensity circuit training program on work capacity, body composition, and blood profiles in sedentary obese men: a pilot study. *Biomed Res Int*. 2014;2014:191797.
7. Greenlee TA, Greene DR, Ward NJ, Reeser GE, Allen CM, Baumgartner NW, et al. Effectiveness of a 16-Week High-Intensity Cardioresistance Training Program in Adults. *J Strength Cond Res*. 2017;31(9):2528-41.
8. Myers J, McAuley P, Lavie CJ, Despres J-P, Arena R, Kokkinos P. Physical Activity and Cardiorespiratory Fitness as Major Markers of Cardiovascular Risk: Their Independent and Interwoven Importance to Health Status. *Progress in Cardiovascular Diseases*. 2015;57(4):306-14.
9. Sperlich B, Wallmann-Sperlich B, Zinner C, Von Stauffenberg V, Losert H, Holmberg H-C. Functional High-Intensity Circuit Training Improves Body Composition, Peak Oxygen Uptake, Strength, and Alters Certain Dimensions of Quality of Life in Overweight Women. *Frontiers in Physiology*. 2017;8.
10. Stanforth D, Brumitt J, Ratamess NA, Atkins W, Keteyian SJ. TRAINING TOYS ... BELLS, ROPES, AND BALLS — OH MY! *ACSM's Health & Fitness Journal*. 2015;19(4):5-11.
11. Álvarez C, Ramírez-Campillo R, Ramírez-Vélez R, Izquierdo M. Effects and prevalence of nonresponders after 12 weeks of high-intensity interval or resistance training in women with insulin resistance: a randomized trial. *J Appl Physiol* (1985). 2017;122(4):985-96.
12. Batacan RB, Jr., Duncan MJ, Dalbo VJ, Tucker PS, Fenning AS. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *Br J Sports Med*. 2017;51(6):494-503.

- 13.Foster C, Farland CV, Guidotti F, Harbin M, Roberts B, Schuette J, et al. The Effects of High Intensity Interval Training vs Steady State Training on Aerobic and Anaerobic Capacity. *J Sports Sci Med*. 2015;14(4):747-55.
- 14.Gillen JB, Percival ME, Ludzki A, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. Interval training in the fed or fasted state improves body composition and muscle oxidative capacity in overweight women. *Obesity (Silver Spring)*. 2013;21(11):2249-55.
- 15.King NA, Hopkins M, Caudwell P, Stubbs RJ, Blundell JE. Beneficial effects of exercise: shifting the focus from body weight to other markers of health. *Br J Sports Med*. 2009;43(12):924-7.
- 16.Kramer A. An Overview of the Beneficial Effects of Exercise on Health and Performance. *Adv Exp Med Biol*. 2020;1228:3-22.
- 17.Fontaine CJ, Schmidt BJ. Metabolic cost of rope training. *J Strength Cond Res*. 2015;29(4):889-93.
- 18.McAuslan C, editor *Physiological Responses to a Battling Rope High Intensity Interval Training Protocol*2013.
- 19.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.
- 20.Brewer W, Kovacs R, Hogan K, Felder D, Mitchell H. Metabolic Responses to a Battling Rope Protocol Performed in the Seated or Stance Positions. *J Strength Cond Res*. 2018;32(12):3319-25.
- 21.Bornath DPD, Kenno KA. Physiological Responses to Increasing Battling Rope Weight During Two 3-Week High-Intensity Interval Training Programs. *J Strength Cond Res*. 2022;36(2):352-8.
- 22.Chen WH, Wu HJ, Lo SL, Chen H, Yang WW, Huang CF, et al. Eight-Week Battle Rope Training Improves Multiple Physical Fitness Dimensions and Shooting Accuracy in Collegiate Basketball Players. *J Strength Cond Res*. 2018;32(10):2715-24.
- 23.emam f. Effect of Battle Rope exercise on certain physical variables and numerical level of discus throw for female students. *International Journal of Sports Science and Arts*. 2020;013:74-87.
- 24.Ratamess NA, Smith CR, Beller NA, Kang J, Faigenbaum AD, Bush JA. Effects of Rest Interval Length on Acute Battling Rope Exercise Metabolism. *J Strength Cond Res*. 2015;29(9):2375-87.
- 25.Jothilingam M, Roobha S, Revathi R, Paarhipan N, Saravan Kumar S. Effect of battle rope training on functional movements in young adults. *Biomedicine*. 2021;40(4):547-50.
- 26.Almusawi DS. Effect of Battle Ropes Training in Some Components of Health Fitness and Vision of the Body Image of Women Aged (30-35) Years. *Indian Journal of Public Health Research and Development*. 2019;10:2019.
- 27.Faigenbaum AD, Kang J, Ratamess NA, Farrell A, Golda S, Stranieri A, et al. Acute Cardiometabolic Responses to a Novel Training Rope Protocol in Children. *J Strength Cond Res*. 2018;32(5):1197-206.
- 28.Marshall EM, Parks JC, Singer TJ, Tai YL, DeBord AR, Humm SM, et al. Vascular Responses to High-Intensity Battling Rope Exercise between the Sexes. *J Sports Sci Med*. 2021;20(2):349-56.
- 29.Marín PJ, García-Gutiérrez MT, Da Silva-Grigoletto ME, Hazell TJ. The addition of synchronous whole-body vibration to battling rope exercise increases skeletal muscle activity. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2015;15(3):240-8.
- 30.Scott C. Misconceptions about Aerobic and Anaerobic Energy Expenditure. *J Int Soc Sports Nutr*. 2005;2(2):32-7.
- 31.van Baak MA. Physical activity and energy balance. *Public Health Nutr*. 1999;2(3a):335-9.
- 32.Hill JO, Wyatt HR, Peters JC. Energy balance and obesity. *Circulation*. 2012;126(1):126-32.
- 33.Heden T, Lox C, Rose P, Reid S, Kirk EP. One-set resistance training elevates energy expenditure for 72 h similar to three sets. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111(3):477-84.
- 34.Stec MJ, Rawson ES. Estimation of resistance exercise energy expenditure using triaxial accelerometry. *J Strength Cond Res*. 2012;26(5):1413-22.

35. Jamurtas AZ, Koutedakis Y, Paschalis V, Tofas T, Yfanti C, Tsiokanos A, et al. The effects of a single bout of exercise on resting energy expenditure and respiratory exchange ratio. *Eur J Appl Physiol.* 2004;92(4-5):393-8.
36. Calcagno M, Kahleova H, Alwarith J, Burgess NN, Flores RA, Busta ML, et al. The Thermic Effect of Food: A Review. *J Am Coll Nutr.* 2019;38(6):547-51.
37. Westerterp KR. Physical activity as determinant of daily energy expenditure. *Physiol Behav.* 2008;93(4-5):1039-43.
38. Rustaden AM, Gjestvang C, Bø K, Haakstad LAH, Paulsen G. Similar Energy Expenditure During BodyPump and Heavy Load Resistance Exercise in Overweight Women. *Front Physiol.* 2020;11:570.
39. Berthiaume MP, Lalande-Gauthier M, Chrone S, Karelis AD. Energy expenditure during the group exercise course Bodypump in young healthy individuals. *J Sports Med Phys Fitness.* 2015;55(6):563-8.
40. Moghetti P, Bacchi E, Brangani C, Donà S, Negri C. Metabolic Effects of Exercise. *Front Horm Res.* 2016;47:44-57.
41. Reis VM, Júnior RS, Zajac A, Oliveira DR. Energy cost of resistance exercises: an update. *J Hum Kinet.* 2011;29a:33-9.
42. de Mello Meirelles C, Chagas Gomes PS. Acute effects of resistance exercise on energy expenditure: Revisiting the impact of the training variables. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte.* 2004;10(2):131-8.
43. 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;11(11):e0164349.
44. Scott CB, Croteau A, Ravlo T. Energy expenditure before, during, and after the bench press. *J Strength Cond Res.* 2009;23(2):611-8.
45. Bonora M, Patergnani S, Rimessi A, De Marchi E, Suski JM, Bononi A, et al. ATP synthesis and storage. *Purinergic Signal.* 2012;8(3):343-57.
46. Nakagata T, Yamada Y, Naito H. Estimating Energy Cost of Body Weight Resistance Exercise Using a Multistage Exercise Test. *J Strength Cond Res.* 2022;36(5):1290-6.
47. Cairns SP. Lactic acid and exercise performance : culprit or friend? *Sports Med.* 2006;36(4):279-91.
48. Patel H, Kerndt CC, Bhardwaj A. Physiology, Respiratory Quotient. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing

Copyright © 2022, StatPearls Publishing LLC.; 2022.

49. Poehlman ET, Denino WF, Beckett T, Kinaman KA, Dionne IJ, Dvorak R, et al. Effects of endurance and resistance training on total daily energy expenditure in young women: a controlled randomized trial. *J Clin Endocrinol Metab.* 2002;87(3):1004-9.
50. Børsheim E, Bahr R. Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. *Sports Med.* 2003;33(14):1037-60.
51. 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.
52. Quinn TJ, Vroman NB, Kertzer R. Postexercise oxygen consumption in trained females: effect of exercise duration. *Med Sci Sports Exerc.* 1994;26(7):908-13.
53. Farrar RE, Mayhew JL, Koch AJ. Oxygen cost of kettlebell swings. *J Strength Cond Res.* 2010;24(4):1034-6.
54. João GA, Rodriguez D, Tavares LD, Carvas Junior N, Miranda ML, Reis VM, et al. Can intensity in strength training change caloric expenditure? Systematic review and meta-analysis. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2020;40(2):55-66.
55. Petridou A, Siopi A, Mougios V. Exercise in the management of obesity. *Metabolism.* 2019;92:163-9.

- 56.Vilaça J, Bottaro M, Santos C. Energy expenditure combining strength and aerobic training. *J Hum Kinet.* 2011;29a:21-5.
- 57.Kirk EP, Donnelly JE, Smith BK, Honas J, Lecheminant JD, Bailey BW, et al. Minimal resistance training improves daily energy expenditure and fat oxidation. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(5):1122-9.
- 58.Hunter GR, Fisher G, Neumeier WH, Carter SJ, Plaisance EP. Exercise Training and Energy Expenditure following Weight Loss. *Med Sci Sports Exerc.* 2015;47(9):1950-7.
- 59.Flack KD, Hays HM, Moreland J, Long DE. Exercise for Weight Loss: Further Evaluating Energy Compensation with Exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2020;52(11):2466-75.
- 60.Mazzetti SA, Wolff C, Collins B, Kolankowski MT, Wilkerson B, Overstreet M, et al. Influence of Differences in Exercise-intensity and Kilograms/Set on Energy Expenditure During and After Maximally Explosive Resistance Exercise. *Int J Exerc Sci.* 2011;4(4):273-82.
- 61.Ullah I, iMarwat Dii, iShah M, Tabassum F, Saba S, Saman S. COMPARISON OF EFFECTS OF KETTLEBELL AND BATTLE ROPE HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING (HIIT) PROTOCOLS ON EXPLOSIVE POWER. 2021;20(2):1308-13.
- 62.Poulios A, Fatouros IG, Mohr M, Draganidis DK, Deli C, Papanikolaou K, et al. Post-Game High Protein Intake May Improve Recovery of Football-Specific Performance during a Congested Game Fixture: Results from the PRO-FOOTBALL Study. *Nutrients.* 2018;10(4).
- 63.Ekblom-Bak E, Björkman F, Hellenius ML, Ekblom B. A new submaximal cycle ergometer test for prediction of VO₂max. *Scand J Med Sci Sports.* 2014;24(2):319-26.
- 64.Jagim AR, Camic CL, Askow A, Luedke J, Erickson J, Kerksick CM, et al. Sex Differences in Resting Metabolic Rate Among Athletes. *J Strength Cond Res.* 2019;33(11):3008-14.
- 65.Macht JW, Abel MG, Mullineaux DR, Yates JW. Development of 1RM Prediction Equations for Bench Press in Moderately Trained Men. *J Strength Cond Res.* 2016;30(10):2901-6.
- 66.Brigatto FA, Lima LEM, Germano MD, Aoki MS, Braz TV, Lopes CR. High Resistance-Training Volume Enhances Muscle Thickness in Resistance-Trained Men. *J Strength Cond Res.* 2022;36(1):22-30.
- 67.Kubo K, Ikebukuro T, Yata H. Effects of squat training with different depths on lower limb muscle volumes. *Eur J Appl Physiol.* 2019;119(9):1933-42.
- 68.Clemons J. Construct Validity of Two Different Methods of Scoring and Performing Push-ups. *J Strength Cond Res.* 2019;33(11):2971-80.
- 69.Moraes AC, Pinto RS, Valamatos MJ, Valamatos MJ, Pezarat-Correia PL, Okano AH, et al. EMG activation of abdominal muscles in the crunch exercise performed with different external loads. *Phys Ther Sport.* 2009;10(2):57-62.
- 70.Alonso-Aubin DA, Chulvi-Medrano I, Cortell-Tormo JM, Picón-Martínez M, Rial Rebullido T, Faigenbaum AD. Squat and Bench Press Force-Velocity Profiling in Male and Female Adolescent Rugby Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* 2021;35:S44-S50.
- 71.Fortner HA, Salgado JM, Holmstrup AM, Holmstrup ME. Cardiovascular and Metabolic Demands of the Kettlebell Swing using Tabata Interval versus a Traditional Resistance Protocol. *Int J Exerc Sci.* 2014;7(3):179-85.
- 72.Foxdal P, Sjödin A, Sjödin B. Comparison of blood lactate concentrations obtained during incremental and constant intensity exercise. *Int J Sports Med.* 1996;17(5):360-5.
- 73.Hargreaves M, Spriet LL. Skeletal muscle energy metabolism during exercise. *Nat Metab.* 2020;2(9):817-28.
- 74.Sloniger MA, Cureton KJ, Prior BM, Evans EM. Anaerobic capacity and muscle activation during horizontal and uphill running. *J Appl Physiol (1985).* 1997;83(1):262-9.
- 75.Reis VM, Garrido ND, Vianna J, Sousa AC, Alves JV, Marques MC. Energy cost of isolated resistance exercises across low- to high-intensities. *PLoS One.* 2017;12(7):e0181311.

76. Falcone PH, Tai CY, Carson LR, Joy JM, Mosman MM, McCann TR, et al. Caloric expenditure of aerobic, resistance, or combined high-intensity interval training using a hydraulic resistance system in healthy men. *J Strength Cond Res.* 2015;29(3):779-85.
77. Wood KM, Olive B, LaValle K, Thompson H, Greer K, Astorino TA. Dissimilar Physiological and Perceptual Responses Between Sprint Interval Training and High-Intensity Interval Training. *J Strength Cond Res.* 2016;30(1):244-50.
78. Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, et al. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(9 Suppl):S498-504.
79. Faigenbaum AD, Kang J, Ratamess NA, Farrell A, Ellis N, Vought I, et al. Acute Cardiometabolic Responses to Medicine Ball Interval Training in Children. *Int J Exerc Sci.* 2018;11(4):886-99.