



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ – ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ & ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ**



**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΑΣΚΗΣΗ, ΕΡΓΟΣΠΡΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ»**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Η ενεργειακή δαπάνη ασκήσεων μυϊκής ενδυνάμωσης με ιμάντα
αιώρησης»**

Ευτυχία Χατζηκαμαγιάννη

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Ι. Φατούρος

Α. Τζιαμούρτας

Χ. Δελή

Λάρισα 2023



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ – ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ & ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ**



**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΑΣΚΗΣΗ, ΕΡΓΟΣΠΡΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ»**

**«The energy expenditure of suspension-strap muscle-strengthening
exercises»**

Περίληψη

Ο σύγχρονος τρόπος ζωής έχει συνδεθεί με υποβάθμιση των δεικτών υγείας, κακή διατροφή και μειωμένη σωματική δραστηριότητα με αποτέλεσμα την αύξηση βάρους του πληθυσμού. Η άσκηση και η λειτουργική προπόνηση αποτελούν σημαντικό παράγοντα καθορισμού της σωματικής σύστασης, ωστόσο η απουσία ελέγχου των ενεργειακών απαιτήσεων του σύγχρονου ασκησιολογίου, δεν επιτρέπει την χρήση τους με αποδοτικό τρόπο. Σκοπός της μελέτης ήταν να αξιολογηθεί η ενεργειακή δαπάνη (ΕΔ) 6 ασκήσεων με χρήση ιμάντων αιώρησης σε δύο χρόνους εκτέλεσης (T30, T45). 10 συμμετέχοντες (3 άντρες & 7 γυναίκες) έλαβαν μέρος στη μελέτη οι οποίοι εκτέλεσαν με τυχαιοποιημένη σειρά τις δύο συνθήκες (T30 & T45) και τις 6 ασκήσεις με χρήση ιμάντων αιώρησης. Κατά την εκτέλεση των ασκήσεων αξιολογήθηκαν η συνολική ΕΔ (TC), η ΕΔ γλυκολυτικού συστήματος (BLcal), η ΕΔ οξειδωτικού συστήματος (Vo2cal), ΕΔ περίσσειας οξυγόνου αποκατάστασης (EPOCcal), η ποσοστιαία μεταβολή γαλακτικού οξέος (BLd) και κατανάλωσης οξυγόνου (VO₂d) κατά την άσκηση, η καρδιακή συχνότητα ως προς το ποσοστό της μέγιστης (HR%), η μέση καρδιακή συχνότητα (mHR) και η μέση κατανάλωση οξυγόνου (mVO₂). Η T45 συνθήκη αύξησε την περιστροφική κίνηση (TC) κατά 70.1% στην άσκηση πιέσεων στήθους (CP) (p=0.03) σε σύγκριση με την T30. Στην T30 η TS είχε μικρότερη TC κατά 48.5% (p=0.041) & 38.9% (p=0.04) από την άσκηση καθίσματος με χέρια σε ανάταση (OS) & την άσκηση καθίσματος στο ένα πόδι (SS) αντίστοιχα. Στην T45, στην άσκηση σανίδα (P) η TC ήταν μικρότερη κατά 58,7% (p=0.004) & 48% (p=0.011) από την άσκηση OS & SS αντίστοιχα ενώ η TR ήταν μικρότερη κατά 54% (p=0.000) & 42,3% (p=0.017) από την άσκηση OS & SS αντίστοιχα. Στην mHR δεν υπήρξε διαφορά (p=0.640) μεταξύ T30 & T45. Στην T30, στην mVO₂, η OS ήταν υψηλότερη από τις ασκήσεις P (p=0.002), CP (p=0.00) & TR (p=0.004), ενώ και στην T45 η OS ήταν υψηλότερη από τις ασκήσεις P (p=0.027) & TR (p=0.049). Συμπερασματικά οι πολυαρθρικές ασκήσεις, που ενεργοποιούν μεγάλες μυϊκές ομάδες προκαλούν υψηλότερη ΕΔ.

Λέξεις κλειδιά: Παχυσαρκία, άσκηση, ενεργειακή δαπάνη, λειτουργική προπόνηση, ιμάντες αιώρησης.

Abstract

The current lifestyle induces a degradation of health factors, fast food dietary and reduction of exercise and also all the above factors leads to obesity. The exercise and especially the functional training can determine the density of body; however the absence of references which investigate the energy expenditure during functional exercises does not allow the utilization of these exercises. Thus, the main purpose of this study was to investigate the energy expenditure of six exercises using suspension training equipment during two trials with a different duration (30 seconds and 45 seconds). 10 participants (3 males and 7 females) performed randomly the trials (T30 and T45) and the six exercises using suspension strap. During exercises was measured the total energy expenditure (TC), the energy expenditure of glycolysis (BLcal), the oxidative energy (VO₂cal), the excess post-exercise oxygen consumption (EPOCcal), the percentage change of blood lactate (BLd) and oxygen consumption (VO₂d) during exercise, the heart rate at to the maximum heart rate (HR%), the mean heart rate (mHR) and the mean oxygen consumption (mVO₂) during exercises. T45 trial increased TC by 70.1% in chest press (CP) exercise ($p=0.03$) compare with T30 trial. In T30 trial, the TC was lower by 48.5% ($p=0.041$) & 38.9% ($p=0.04$) compare to overhead squat (OS) & the single-leg squat (SS) respectively. In T45, in Plank (P) exercise, TC was lower by 58.7% ($p=0.004$) & 48% ($p=0.011$) by OS and SS exercises. Although, TR was lower in TC indicator, by 54% ($p=0.000$) & 42,3% ($p=0.017$) compare to OS & SS respectively. In mHR did not exist meaningful deference ($p=0.640$) between T30 & T45. In T30, in mVO₂ indicator, the OS was higher compare P ($p=0.002$), CP ($p=0.00$) and TR ($p=0.004$) exercise, while, in T45 trial, the OS was higher compare P ($p=0.027$) & TS ($p=0.049$) exercise. In conclusion, the multi-joint exercises which stimulate large muscle groups, induce higher energy expenditure.

Key words: Obesity, exercise, energy expenditure, functional training, suspension straps,

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	1
Ανασκόπηση βιβλιογραφίας.....	3
1. Παχυσαρκία & Αυξημένο Βάρος.....	3
2. Άσκηση, τα οφέλη της & η επίδραση της στην ενεργειακή δαπάνη.....	4
2.1 Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός.....	6
2.2 Ενεργειακό Ισοζύγιο	7
2.3 Ενεργειακή Δαπάνη.....	7
2.4 Ενεργειακά συστήματα	8
2.4.1 Σύστημα φωσφαγόνων (ATP-CP).....	9
2.4.2 Γλυκολυτικό σύστημα.....	9
2.4.3 Οξειδοτικό Σύστημα.....	9
2.5 Γαλακτικό οξύ	9
2.6 Περίσσεια οξυγόνου αποκατάστασης (EPOC)	10
3. Λειτουργική προπόνηση & τα πλεονεκτήματά αυτής.....	11
3.1. Λειτουργική προπόνηση & ενεργειακή δαπάνη.....	13
4. Λειτουργική προπόνηση με ιμάντες.....	14
5. Μεθοδολογία	19
5.1. Δείγμα.....	19
5.2. Κριτήρια συμμετοχής.....	19
5.3. Ερευνητικός σχεδιασμός	19
5.4. Πρωτόκολλο παρέμβασης	20
5.5. Περιγραφή Εξοπλισμού.....	21
5.6. Εκτίμηση σωματομετρικών χαρακτηριστικών & σωματικής σύστασης:.....	22
5.7. Αξιολόγηση δεικτών απόδοσης:.....	23
5.7.1. Στατιστική ανάλυση	24
6. Αποτελέσματα έρευνας	25
6.1. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά δείγματος.....	25
6.2. Θερμιδική κατανάλωση οξειδωτικού συστήματος (VO_2Cal)	25
6.3. Ενεργειακή δαπάνη γλυκολυτικού συστήματος (BLCAL).....	26
6.4. Ενεργειακή δαπάνη περίσσειας οξυγόνου αποκατάστασης (EPOCcal).....	26
6.5. Συνολική Ενεργειακή Δαπάνη (TC).....	28
6.6. Ποσοστιαία μεταβολή γαλακτικού οξέος κατά την άσκηση (BLd%).....	29
6.7. Ποσοστιαία μεταβολή κατανάλωσης οξυγόνου κατά την άσκηση ($\text{VO}_{2d}\%$).....	30
6.8. Καρδιακή συχνότητα ως προς το ποσοστό της μέγιστης (HR%).....	31

6.9. Μέση καρδιακή συχνότητα της άσκησης (HR _m)	32
6.10. Μέση κατανάλωση οξυγόνου κατά την άσκηση (VO _{2m})	33
7. Συζήτηση.....	33
8. Συμπεράσματα.....	38
9. Βιβλιογραφία.....	41

Εισαγωγή

Ο σύγχρονος τρόπος ζωής και η παχυσαρκία

Ο σύγχρονος τρόπος ζωής επηρεάζει δείκτες που καθορίζουν την ποιότητα ζωής και την υγεία, καθώς μειώνουν την λειτουργική ικανότητα των ανθρώπων και αυξάνουν τα ποσοστά σωματικού λίπους [1]. Η σωματική δραστηριότητα αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα που μπορεί να ρυθμίσει τους παραπάνω παράγοντες και ορίζεται ως οποιαδήποτε σωματική κίνηση που παράγεται από τους σκελετικούς μύες και έχει ως αποτέλεσμα την ενεργειακή δαπάνη, η οποία μετράται σε χιλιοθερμίδες [1]. Η σωματική δραστηριότητα μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε επαγγελματικές, αθλητικές ή άλλες δραστηριότητες ενώ παράλληλα η άσκηση μπορεί να χαρακτηριστεί ως προγραμματισμένη, δομημένη και επαναλαμβανόμενη δράση και με τελικό στόχο τη βελτίωση ή τη διατήρηση της φυσικής κατάστασης και της υγείας [1]. Ως επακόλουθο του σύγχρονου τρόπου ζωής και κατ' επέκταση της μειωμένης φυσικής δραστηριότητας, επέρχεται η αύξηση του σωματικού βάρους πέρα από τα επιθυμητά όρια, προκαλώντας την εμφάνιση της παχυσαρκίας [1].

Η παχυσαρκία χαρακτηρίζεται ως μια χρόνια μεταβολική διαταραχή που σχετίζεται με καρδιαγγειακά νοσήματα και αυξημένη νοσηρότητα και θνησιμότητα [2]. Όταν ο δείκτης μάζας σώματος (ΔΜΣ) είναι μεγαλύτερος των 30 kg/m^2 , τα ποσοστά θνησιμότητας αυξάνονται κατά 50% έως 100%. Έχει τεκμηριωθεί πως η απώλεια βάρους σε υπέρβαρα και παχύσαρκα άτομα μειώνει τους παράγοντες κινδύνου για εμφάνιση διαβήτη και καρδιαγγειακών παθήσεων [2]. Επίσης η απώλεια βάρους μειώνει την αρτηριακή πίεση τόσο σε υπέρβαρα υπερτασικά όσο και σε μη υπερτασικά άτομα, ενώ παράλληλα μέσω της συστηματικής άσκησης μειώνονται τα επίπεδα τριγλυκεριδίων (TG) και τα επίπεδα λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας χοληστερόλης (LDL), βελτιώνοντας το λιπιδαιμικό προφίλ των ασκούμενων [2].

Λειτουργική προπόνηση και η χρήση ιμάντων αιώρησης

Διάφορες μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί για την αντιμετώπιση της παχυσαρκίας ή για την προσπάθεια μείωσης του ποσοστού σωματικού λίπους και την αύξηση της μυϊκής μάζας για λόγους υγείας, με την άσκηση να μοιάζει αποδοτικότερη [2]. Επιπλέον, διάφορες μορφές άσκησης, προγράμματα και όργανα γυμναστικής χρησιμοποιούνται με σκοπό την ταχύτερη εμφάνιση των επιθυμητών αποτελεσμάτων [2]. Η άσκηση με τη χρήση ιμάντων αιώρησης βασίζεται στην αρχή της εκτέλεσης ασκήσεων με το βάρος του σώματος σε συνδυασμό με τη χρήση των ιμάντων [3]. Κατά την εκτέλεση ασκήσεων με τους ιμάντες μπορούν να βελτιωθούν παράγοντες που προσδιορίζουν τη φυσική κατάσταση (ισορροπία, δύναμη, αντοχή, ευλυγισία), ενώ παράλληλα μειώνουν τον κίνδυνο εμφάνισης μυοσκελετικού τραυματισμού [3]. Μελέτες

έχουν δείξει πως το εξεταζόμενο, στην παρούσα μελέτη, είδος προπόνησης είναι κατάλληλο για ασκούμενος, χωρίς περιορισμό ως προς το ηλικιακό εύρος, καθώς ελέγχεται εύκολα το επίπεδο της αντίστασης και της γωνίας εκτέλεσης των ασκήσεων [3]. Σε αντίθεση με τις τυπικές προπονήσεις που απαιτούν την ενεργοποίηση μιας ενιαίας μυϊκής ομάδας, οι ασκήσεις με ιμάντες επιτρέπουν ένα ευρύτερο φάσμα κινήσεων και μυϊκών ομάδων ταυτόχρονα [3].

Σημασία της μελέτης

Είναι γνωστό ότι η λειτουργική προπόνηση με τη χρήση ιμάντων αιώρησης αποτελεί μια από τις πιο δημοφιλείς μεθόδους άσκησης παγκοσμίως. Ωστόσο, υπάρχει έλλειψη ερευνητικών δεδομένων που να προσδιορίζουν τη θερμιδική δαπάνη κατά την εκτέλεση προγραμμάτων λειτουργικής προπόνησης με τη χρήση ιμάντων αιώρησης. Επομένως, η μέτρηση και η αξιολόγηση των φυσιολογικών χαρακτηριστικών και της ενεργειακής δαπάνης σε ασκήσεις που εκτελούνται με ιμάντα αιώρησης, θα συνεισφέρει στην εκτίμηση και στην διαμόρφωση των κατάλληλων προγραμμάτων άσκησης μέσω ιμάντων αιώρησης με απώτερο σκοπό την βελτίωση της υγείας και της απόδοσης.

Σκοπός της μελέτης

Ο σκοπός της μελέτης είναι αρχικά να προσδιοριστούν και να συγκριθούν οι φυσιολογικές και ενεργειακές απαιτήσεις που προκαλεί η εκτέλεση έξι ασκήσεων λειτουργικής προπόνησης με χρήση ιμάντων αιώρησης, καθώς επίσης και να ελεγχθούν πιθανές διαφοροποιήσεις των δεικτών που καθορίζουν την ενεργειακή δαπάνη όταν το ερέθισμα της εκτέλεσης των έξι ασκήσεων διαρκεί για 30 (T30) και 45 (T45) δευτερόλεπτα αντίστοιχα.

Περιορισμοί της μελέτης

Η συμμετοχή στην έρευνα ήταν εθελοντική και ως εκ τούτου ο ερευνητής οφείλει να βασιστεί στην προθυμία, την εμπιστοσύνη και τις ειλικρινείς προθέσεις των συμμετεχόντων, να τηρήσουν χωρίς παρεκκλίσεις το έντυπο συναίνεσης που είχαν υπογράψει πριν την έναρξη της έρευνας.

Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

1. Παχυσαρκία & Αυξημένο Βάρος

Ο σύγχρονος τρόπος ζωής έχει βρεθεί πως επιβαρύνει μεγάλο εύρος δεικτών υγείας [4]. Η καθιστική εργασία, η χαμηλή σωματική δραστηριότητα, η κακής ποιότητας διατροφή, τα ακανόνιστα τόσο χρονικά όσο και σε ποσότητα, γεύματα κατά τη διάρκεια της ημέρας, δύναται να οδηγήσουν στην αύξηση του σωματικού βάρους και την εμφάνιση παχυσαρκίας [4]. Σύμφωνα με τον ορισμό που δίνεται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ), το υπερβολικό βάρος και η παχυσαρκία ορίζονται ως η μη φυσιολογική ή υπερβολική συσσώρευση λίπους που αποτελεί κίνδυνο για την υγεία [5]. Η παχυσαρκία συνήθως προκαλείται από την αυξημένη κατανάλωση τροφής και κατ' επέκταση την αυξημένη πρόσληψη θερμίδων σε βαθμό δημιουργίας θετικού ισοζυγίου [5]. Αυτή η περίσσεια θερμίδων αποθηκεύεται στο σώμα ως λίπος, αυξάνοντας τον όγκο των λιποκυττάρων. Η αυξημένη μάζα λίπους οδηγεί σε υπερτροφία των λιποκυττάρων και πολλαπλασιασμό αυτών (υπερπλασία) [6]. Όταν τα λιποκύτταρα δεν μπορούν να προσλάβουν περίσσεια τριγλυκεριδίων, τότε προκαλείται λιπογένεση, δημιουργώντας επιπλέον χώρο για αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων λίπους [6].

Σύμφωνα με πρόσφατες ερευνητικές αναφορές διαπιστώθηκε πως μεταξύ 1980 και 2015, ο επιπολασμός της παιδικής και ενήλικης παχυσαρκίας έχει διπλασιαστεί σε 73 χώρες παρουσιάζοντας πως μέχρι το 2030 κάθε δεύτερος ενήλικας θα έχει παχυσαρκία και κάθε τέταρτος ενήλικας θα έχει σοβαρή παχυσαρκία [7,8]. Επιπλέον, η αύξηση του υπέρβαρου και παχύσαρκου πληθυσμού αυξάνεται ανησυχητικά σε χώρες χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος, με παράλληλη αύξηση των θανάτων [8]. Ακόμη, έχει αναφερθεί ότι η αναλογία των υπέρβαρων και παχύσαρκων γυναικών υπερτερεί σε σχέση με την αναλογία των υπέρβαρων και παχύσαρκων ανδρών σε όλο τον κόσμο, τόσο στις ήδη αναπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες [9]. Επιπλέον, το 2019 τα ποσοστά των υπέρβαρων και των παχύσαρκων σε χώρα της Ασίας ήταν 34,3% και 16,4%, αντίστοιχα [10]. Τα τελευταία χρόνια, τα διατροφικά πρότυπα έχουν αλλάξει δραματικά και σε συνδυασμό με την ταυτόχρονη μείωση της σωματικής δραστηριότητας, οδηγούν σε αύξηση του υπέρβαρου και παχύσαρκου πληθυσμού [10].

Η παρατήρηση της αύξησης του δείκτη μάζας σώματος (ΔΜΣ), από 22,7 kg/m² το 2004 σε 24,4 kg/m² το 2018 επιβεβαιώνει την πρόβλεψη για περεταίρω επιβάρυνση της υγείας του πληθυσμού [11]. Ο ΔΜΣ χαρακτηρίζεται ως ένας δείκτης που προέρχεται από το πηλίκο του βάρους και του ύψους (kg/m²), τα φυσιολογικά όρια του οποίου ορίζονται μεταξύ 18,5–24,9 kg/m² [12,13]. Εμφανίζει μικρό βαθμό εγκυρότητας, καθώς δεν προσδιορίζει τη σωματική σύσταση και δεν πρέπει να θεωρείται το μόνο κριτήριο για την παχυσαρκία, ιδιαίτερα σε

ασθενείς με ΔΜΣ μικρότερο από 30 kg/m². Ήδη από το 2000, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας έχει αναγνωρίσει την απόκλιση μεταξύ του ΔΜΣ και του ποσοστού σωματικού λίπους, ωστόσο αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο αξιολόγησης κινδύνου μεταβολικής νόσου [13].

Σε πρόσφατη ανασκόπηση διαπιστώθηκε, ότι το αυξημένο βάρος και η παχυσαρκία είναι διαδεδομένα τόσο στις γυναίκες όσο και στους άνδρες στις περισσότερες χώρες, με τις γυναίκες να εμφανίζουν μεγαλύτερα ποσοστά [14,15]. Ο διαβήτης τύπου II, η υπέρταση και άλλα καρδιαγγειακά νοσήματα σχετίζονται με το αυξημένο σωματικό βάρος και την παχυσαρκία και μέθοδοι όπως η λήψη φαρμάκων και η βαριατρική χειρουργική χρησιμοποιούνται στην προσπάθεια αποκατάστασης της ποιότητας ζωής υπέρβαρων και παχύσαρκων ατόμων [14,15].

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία το υπερβολικό βάρος και η παχυσαρκία έχουν συσχετιστεί με πολλές παθήσεις όπως, οι καρδιαγγειακές, ο διαβήτης τύπου II, η λιπώδης ηπατική νόσος, οι διάφοροι τύποι καρκίνου, οι μυοσκελετικές αλλά και οι ψυχικές διαταραχές, υπογραμμίζοντας τόσο την πολυπλοκότητα, όσο και την άμεση ανάγκη για αποτελεσματική και διαρκή διαχείριση βάρους [16,17,18,19]. Σε παγκόσμιο επίπεδο, το υπερβολικό βάρος και η παχυσαρκία θεωρούνται ως ο πέμπτος κύριος παράγοντας κινδύνου θνησιμότητας, αντιπροσωπεύοντας πλέον μια παγκόσμια επιδημία [22]. Επιπλέον, η συσσώρευση σπλαχνικού λιπώδη ιστού συμβάλλει στην ανάπτυξη του σακχαρώδη διαβήτη τύπου II, της δυσανεξίας στη γλυκόζη, της υπέρτασης και των καρδιαγγειακών παθήσεων [20,21]. Η άσκηση ωστόσο αποτελεί το μέσο εκείνο που μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα ζωής και να μειώσει ταχύτερα το ποσοστό σωματικού λίπους, αυξάνοντας ταυτόχρονα τον βασικό μεταβολικό ρυθμό των ασκούμενων, συμβάλλοντας στην απώλεια του σωματικού βάρους [20,21].

2. Άσκηση, τα οφέλη της & η επίδραση της στην ενεργειακή δαπάνη

Αν και για την αντιμετώπιση της παχυσαρκίας έχουν χρησιμοποιηθεί μέθοδοι όπως η βαριατρική χειρουργική, η φαρμακευτική αγωγή και η διατροφή, φαίνεται πως η σωματική δραστηριότητα αναγνωρίζεται ως «πυλώνας» στη διαχείριση του υπερβολικού βάρους και της παχυσαρκίας [25]. Η σωματική δραστηριότητα ορίζεται με γενικούς όρους ως *«κάθε σωματική κίνηση που παράγεται από τους σκελετικούς μύες που έχει ως αποτέλεσμα την ενεργειακή δαπάνη»* [25]. Η άσκηση θεωρείται ως μια υποκατηγορία σωματικής δραστηριότητας που *«σχεδιάζεται, δομείται, επαναλαμβάνεται με συγκεκριμένο σκοπό, για τη διατήρηση ή την αύξηση της φυσικής κατάστασης» (πίνακας 1)*. Αν και η αξία της σωματικής δραστηριότητας και της άσκησης για την προάσπιση της υγείας και την πρόληψη των μη μεταδοτικών ασθενειών είναι αποδεδειγμένη, ο ρόλος που μπορεί να έχει για τον έλεγχο ή μείωση του βάρους δεν έχει διευκρινιστεί και καθορίζεται πλήρως στην επιστημονική βιβλιογραφία [25]. Ανεξάρτητα από τις αλλαγές στον ΔΜΣ και την ευεργετική δράση της σωματικής δραστηριότητας σε πολλούς δείκτες υγείας παχύσαρκου πληθυσμού ο προσδιορισμός της απώλεια βάρους μέσω της

κατανόησης της ενεργειακής δαπάνης κατά την άσκηση, σε συνάρτηση με τον βασικό μεταβολικό ρυθμό, είναι πιθανό να επιταχύνει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Ορισμένοι από αυτούς τους δείκτες υγείας περιλαμβάνουν βελτιώσεις στην καρδιαγγειακή υγεία, τη ρύθμιση του σακχάρου στο αίμα και τα γενικά επίπεδα φυσικής κατάστασης [26]. Μέσω της παραπάνω υπόθεσης, η αυξημένη σωματική δραστηριότητα μπορεί να επιφέρει μείωση των πιθανοτήτων εμφάνισης καρδιαγγειακής νόσου [27,28] περιορίζοντας τον κίνδυνο θνησιμότητας από καρδιαγγειακή νόσο [29].

Έννοια	Ορισμός
Σωματική Δραστηριότητα	Οποιαδήποτε σωματική κίνηση που παράγεται από τους σκελετικούς μύες και απαιτεί ενέργεια για την εκτέλεση της [23].
Άσκηση	Η άσκηση αποτελεί μια υποκατηγορία σωματικής δραστηριότητας που είναι προγραμματισμένη, δομημένη, επαναλαμβανόμενη και σκόπιμη με κύριο σκοπό τη βελτίωση ή τη διατήρηση της φυσικής κατάστασης, της σωματικής απόδοσης ή της υγείας[23].
Άσκηση βελτίωσης της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας	Προγράμματα που βασίζονται σε μορφές δραστηριοτήτων που είναι αρκετά έντονες και εκτελούνται αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα για να διατηρήσουν ή να βελτιώσουν την καρδιοαναπνευστική ικανότητα ενός ατόμου. Σε μια κλίμακα που σχετίζεται με την προσωπική ικανότητα ενός ατόμου, η μέτριας έντασης σωματική δραστηριότητα είναι συνήθως 5 ή 6 σε κλίμακα 0–10. Με βάση τον καρδιακό ρυθμό, η μέτριας έντασης σωματική δραστηριότητα συνήθως ορίζεται ως το 50%-70% του μέγιστου καρδιακού παλμού[24].
Προπόνηση Αντιστάσεων	Αναφέρονται επίσης ως «δραστηριότητες μυϊκής ενδυνάμωσης»: προγράμματα που βασίζονται σε δραστηριότητες που αυξάνουν τη δύναμη, αντοχή και τη μάζα των σκελετικών μυών. Η ένταση της προπόνησης με αντίσταση ορίζεται συνήθως σύμφωνα με το μέγιστο μιας επανάληψης. Η μέτρια ένταση ορίζεται συνήθως ως περισσότερο από το 60% του μέγιστου μιας

Διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης (HIIT) Κυκλική προπόνηση Functional Training (Λειτουργική Προπόνηση)	επανάληψης[24].
	Αποτελείται από σύντομες περιόδους αναερόβιας άσκησης υψηλής έντασης, συνήθως λιγότερο από 1 λεπτό, που εναλλάσσονται με σύντομες περιόδους λιγότερο έντονης αποκατάστασης. [24].
	Περιλαμβάνει ασκήσεις που μπορούν να εκτελεστούν με ή χωρίς εξωτερική αντίσταση και περιλαμβάνει περιόδους ανάπαυσης μεταξύ των ασκήσεων ή/και στο τέλος κάθε κύκλου [24].
	Η λειτουργική προπόνηση βασίζεται στην εφαρμογή ασκήσεων με ελεύθερα βάρη σε μοτίβα κινήσεων που μοιάζουν με τις καθημερινές δραστηριότητες του ατόμου[24].

Πίνακας 1. Εννοιολογικοί προσδιορισμοί.

2.1 Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός

Ο βασικός μεταβολικός ρυθμός (BMP) ορίζεται ως η ελάχιστη ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για τη διατήρηση των ζωτικών φυσιολογικών λειτουργιών σε κατάσταση ηρεμίας, υπό συγκεκριμένες συνθήκες, συμπεριλαμβανομένης της μετα-απορροφητικής κατάστασης, της θερμικής ουδετερότητας και της σωματικής και πνευματικής χαλάρωσης. Ο BMR είναι η μεγαλύτερη συνιστώσα της συνολικής ενεργειακής δαπάνης και αντιπροσωπεύει περίπου το 60-70% της ημερήσιας ενεργειακής δαπάνης σε καθιστικά άτομα [30]. Ο υπολογισμός του γίνεται ύστερα από νηστεία 12 ωρών και σε κατάσταση απόλυτης ηρεμίας. Αντιπροσωπεύει το 50-70% της συνολικής ημερήσιας ενεργειακής δαπάνης [30]. Το μεγαλύτερο ποσοστό δαπανάται από το συκώτι (27%), τον εγκέφαλο (19%), τους νεφρούς (10%) και την καρδιά (7%). Οι μύες, παρά το γεγονός ότι αποτελούν το 40% της σωματικής μάζας, δαπανούν το 18% του βασικού μεταβολικού ρυθμού. Το φύλο, η άλιπη σωματική μάζα, το κλίμα και η ηλικία επηρεάζουν το βασικό μεταβολικό ρυθμό, με τις γυναίκες να παρουσιάζουν 5-10% χαμηλότερο μεταβολισμό ηρεμίας σε σχέση με τους άντρες, λόγω της μικρότερης μυϊκής μάζας. Επιπλέον, η μείωση της άλιπης σωματικής μάζας με την πάροδο των χρόνων έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του μεταβολισμού ηρεμίας κατά 2% περίπου ανά 10 έτη [31]. Η κύρια διαφορά μεταξύ του μεταβολικού ρυθμού και του RMR είναι ότι ο μεταβολικός ρυθμός περιλαμβάνει την ενέργεια που απαιτείται για τη σωματική δραστηριότητα, ενώ ο RMR λαμβάνει υπόψη μόνο την ενέργεια που απαιτείται για τις βασικές φυσιολογικές λειτουργίες

σε κατάσταση ηρεμίας. Ως εκ τούτου, ο RMR αποτελεί ακριβέστερη μέτρηση του βασικού μεταβολικού ρυθμού (BMR) από τον συνολικό μεταβολικό ρυθμό. Ο BMR είναι η ελάχιστη ποσότητα ενέργειας που απαιτείται από τον οργανισμό για τη διατήρηση των βασικών φυσιολογικών λειτουργιών και συνήθως μετράται υπό ακόμη πιο αυστηρές συνθήκες από τον RMR, συμπεριλαμβανομένης της νηστείας και της πλήρους σωματικής και πνευματικής ανάπαυσης. [31].

Η τακτική άσκηση έχει αποδειχθεί ότι έχει θετική επίδραση στο βασικό μεταβολικό ρυθμό (BMR), ο οποίος αναφέρεται στην ελάχιστη ποσότητα ενέργειας που απαιτείται από το σώμα για τη διατήρηση των βασικών φυσιολογικών λειτουργιών σε κατάσταση ηρεμίας [31]. Η επίδραση αυτή πιστεύεται ότι οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της αυξημένης μυϊκής μάζας, της αυξημένης μιτοχονδριακής δραστηριότητας και της βελτιωμένης ευαισθησίας στην ινσουλίνη. Η προπόνηση αντίστασης, ειδικότερα, έχει αποδειχθεί ότι αυξάνει τη μυϊκή μάζα και τον μεταβολικό ρυθμό, τόσο σε κατάσταση ηρεμίας όσο και κατά τη διάρκεια της σωματικής δραστηριότητας, λόγω των μεταβολικών απαιτήσεων της μυϊκής επιδιόρθωσης και ανάπτυξης [31]. Η αερόβια άσκηση, όπως το τρέξιμο ή η ποδηλασία, μπορεί επίσης να αυξήσει τον BMR βελτιώνοντας την καρδιαγγειακή λειτουργία και αυξάνοντας την ενεργειακή δαπάνη κατά τη διάρκεια και μετά την άσκηση. Συνολικά, η ενσωμάτωση ενός συνδυασμού άσκησης αντιστάσεων και αερόβιας προπόνησης, μπορεί να συμβάλει στην αύξηση του BMR και στην προαγωγή της συνολικής υγείας και φυσικής κατάστασης [31].

2.2 Ενεργειακό Ισοζύγιο

Ενεργειακό ισοζύγιο ονομάζουμε την κατάσταση, κατά την οποία οι θερμίδες που προσλαμβάνονται με τη διατροφή είναι ίδιες με τις θερμίδες που καταναλώνονται ημερησίως. Στην κατάσταση του ενεργειακού ισοζυγίου το σωματικό βάρος του ατόμου παραμένει σταθερό [31].

Εξαιτίας διαφόρων παραγόντων, το ενεργειακό ισοζύγιο δε διατηρείται πάντα σταθερό. Έτσι, σε περίπτωση που έχουμε θετικό ενεργειακό ισοζύγιο, οι θερμίδες δηλαδή που προσλαμβάνουμε είναι περισσότερες από αυτές που καταναλώνουμε, παρατηρείται αύξηση του σωματικού βάρους. Αντιθέτως, όταν έχουμε αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο, οι θερμίδες δηλαδή που προσλαμβάνουμε είναι λιγότερες από αυτές που καταναλώνουμε, το σωματικό βάρος αρχίζει και μειώνεται [31].

2.3 Ενεργειακή Δαπάνη

Η ενεργειακή δαπάνη είναι η ενέργεια που χρησιμοποιείται από το σώμα κατά τη

διάρκεια της σωματικής δραστηριότητας ή της άσκησης και κατά την ανάπαυση [32]. Η ενεργειακή δαπάνη αναφέρεται στην ποσότητα ενέργειας που δαπανά ή χρησιμοποιεί ένα άτομο κατά τη διάρκεια διαφόρων δραστηριοτήτων και φυσιολογικών διεργασιών, συμπεριλαμβανομένης της σωματικής δραστηριότητας, της πέψης, της κυτταρικής αναπνοής και της θερμορύθμισης [33]. Η ενεργειακή δαπάνη μπορεί να μετρηθεί σε θερμίδες ή τζάουλ και επηρεάζεται από μια σειρά παραγόντων, όπως το μέγεθος και η σύνθεση του σώματος, η ηλικία, το φύλο, η ορμονική κατάσταση και το επίπεδο σωματικής δραστηριότητας [34]. Η συνολική ημερήσια ενεργειακή δαπάνη (TDEE) περιλαμβάνει τόσο τον μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας (RMR) όσο και την ενέργεια που δαπανάται κατά τη διάρκεια της σωματικής δραστηριότητας και επηρεάζεται από την ένταση, τη διάρκεια και τη συχνότητα της άσκησης. Η κατανόηση της ενεργειακής δαπάνης είναι σημαντική για τη διατήρηση της ενεργειακής ισορροπίας και της συνολικής υγείας, καθώς και για την ανάπτυξη αποτελεσματικών προγραμμάτων διαχείρισης βάρους και γυμναστικής [35].

Αρκετές μελέτες έχουν αναφέρει ότι η απώλεια βάρους από παρεμβάσεις άσκησης είναι συχνά μικρότερη από αυτήν που θα προβλεπόταν με βάση την ενεργειακή δαπάνη των συνεδριών άσκησης [36,37]. Αυτή η διαφορά μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι η επίδραση του ερεθίσματος της προπόνησης ποικίλλει μεταξύ των ατόμων, επηρεάζοντας διαφορετικά την απόκριση στην απώλεια βάρους στις παρεμβάσεις άσκησης. Επιπλέον, η ένταση και η διάρκεια της άσκησης μπορούν να επηρεάσουν τη μεταβολική απόκριση του οργανισμού στην άσκηση, οδηγώντας σε αύξηση του μεταβολικού ρυθμού για περιορισμένο χρονικό διάστημα μετά την άσκηση. Ωστόσο, η επίδραση αυτή φαίνεται να είναι πιο έντονη μετά από συνεδρίες άσκησης υψηλής έντασης και μεγάλης διάρκειας [54]. Αντισταθμιστικοί μηχανισμοί, όπως η μείωση άλλων συνιστωσών της ενεργειακής δαπάνης ή η αύξηση της ενεργειακής πρόσληψης, έχουν προταθεί ως πιθανοί λόγοι για την παρατηρούμενη ποικιλομορφία στην ανταπόκριση της απώλειας βάρους σε παρεμβάσεις άσκησης [36,38-42]. Η χρονική στιγμή της άσκησης (π.χ. ώρα της ημέρας) μπορεί επίσης να επηρεάσει την ανταπόκριση στην απώλεια βάρους και την προσκόλληση στην άσκηση [43-52]. Η προσκόλληση και η δέσμευση στην άσκηση είναι απαραίτητες για την επίτευξη και τη διατήρηση της απώλειας βάρους [53].

2.4 Ενεργειακά συστήματα

Παρά την χρήση πολλών διαφορετικών μεθόδων άσκησης, ο προσδιορισμός των καταναλωμένων θερμίδων κατά την εκτέλεση αυτών φαντάζει δύσκολος. Κατά την εκτέλεση μια άσκησης η παραγωγή ATP, δηλαδή η παραγωγή ενέργειας, εξασφαλίζεται από τρεις πηγές (ενεργειακά συστήματα). Κάθε σύστημα χαρακτηρίζεται από τέσσερις παραμέτρους καθοριστικής σημασίας για τη χρησιμότητά του στην άσκηση: α) τη συνολική ενέργεια που μπορεί να αποδώσει και β) την ισχύ του, δηλαδή, πόσο γρήγορα μπορεί να αποδώσει την

ενέργειά του, γ) την διάρκεια ενεργοποίησης του συστήματος ως απόρροια του ερεθίσματος άσκησης και δ) η ένταση της εκτελούμενης άσκησης. Τα ενεργειακά συστήματα είναι α) το σύστημα ATP-CP, β) το γλυκολυτικό σύστημα και γ) το σύστημα οξυγόνου (αερόβιο) [30].

2.4.1 Σύστημα φωσφαγόνων (ATP-CP)

Το συγκεκριμένο σύστημα αποτελείται από ενεργειακής άποψης από το ATP, το ADP και τη CP, ενώ από άποψη ενζύμων αποτελείται από την κρεατινική κινάση και την κινάση του αδενυλικού οξέος. Χαρακτηρίζεται από ελάχιστα ποσά ενέργειας και από μεγάλη ισχύ, κυριαρχώντας σε ασκήσεις μέγιστης έντασης και διάρκειας μέχρι επτά δευτερολέπτων [30].

2.4.2 Γλυκολυτικό σύστημα

Το γλυκολυτικό σύστημα αποτελείται από ενεργειακής άποψης από τους υδατάνθρακες, ενώ περιλαμβάνει τα ένζυμα της γλυκόλυσης και την αφυδρογονάση του γαλακτικού οξέος. Η ισχύς του και η ενέργειά του δεν είναι μεγάλες, ενώ η διάρκεια της ενέργειάς του κυμαίνεται από επτά δευτερόλεπτα μέχρι και ένα λεπτό [30].

2.4.3 Οξειδωτικό Σύστημα

Οι ενεργειακές πηγές που παρατηρούνται είναι οι υδατάνθρακες, τα λιπίδια και σε μικρό βαθμό οι πρωτεΐνες, ενώ τα ένζυμα που παρατηρούνται είναι η αφυδρογονάση του πυροσταφυλικού οξέος, τα ένζυμα της λιπόλυσης, του κύκλου του κιτρικού οξέος της αποικοδόμησης των λιπαρών οξέων και της αλυσίδας μεταφοράς ηλεκτρονίων. Δεν έχει μεγάλη ισχύ, αλλά η ενέργεια αυτού του συστήματος είναι μεγάλη, κυριαρχώντας σε ασκήσεις που η διάρκειά τους είναι μεγαλύτερη από ένα λεπτό ανεξαρτήτως της έντασης [30]. Η διαδικασία παραγωγής της ενέργειας γίνεται στο κυτταρόπλασμα και κυρίως στο μιτοχόνδριο, ύστερα από πολύπλοκες αντιδράσεις μεταβολικών οδών με απαραίτητη παρουσία οξυγόνου [31].

2.5 Γαλακτικό οξύ

Οι μυς που συμβάλλουν στην άσκηση σχηματίζουν γαλακτικό οξύ κατά την αναερόβια γλυκόλυση και το καταναλώνουν κατά την οξειδωτική φωσφορυλίωση για παραγωγή ενέργειας. Το γαλακτικό οξύ αποτελεί μια καύσιμη πηγή και μια προδρομική ουσία της γλυκονοεογέννεσης, καθώς μεταφέρεται από το αίμα στο ήπαρ για να πραγματοποιηθεί η

προαναφερθείσα διαδικασία [31].

2.6 Περίσσεια οξυγόνου αποκατάστασης (EPOC)

Το EPOC είναι το αποτέλεσμα της αύξησης της κατανάλωσης οξυγόνου και του μεταβολισμού (Resting Energy Expenditure), που συμβαίνει μετά την άσκηση καθώς το σώμα ανακάμπτει και επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση [55]. Πλειάδα μελετών σε άτομα που εκτέλεσαν οξεία, υψηλής έντασης διαλειμματική άσκηση έχουν αναφέρει μεγαλύτερη ενεργειακή δαπάνη και υπερβολική κατανάλωση οξυγόνου μετά την άσκηση (EPOC) σε σύγκριση με χαμηλότερης έντασης συνεχή άσκηση και/ή άσκηση με αντιστάσεις. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι η διαλειμματική άσκηση υψηλής έντασης θέτει μεγαλύτερες απαιτήσεις στα αναερόβια και αερόβια ενεργειακά συστήματα του οργανισμού, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη μεταβολική απαίτηση κατά τη διάρκεια και μετά την άσκηση [48]. Επιπλέον, η διαλειμματική άσκηση υψηλής έντασης μπορεί να αυξήσει τη μυϊκή βλάβη και τη φλεγμονή, οδηγώντας σε αυξημένο μεταβολικό ρυθμό κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης. Το φαινόμενο EPOC αναφέρεται στο πρόσθετο οξυγόνο που καταναλώνει ο οργανισμός κατά την περίοδο μετά την άσκηση για να επαναφέρει τον οργανισμό στην προ της άσκησης κατάσταση [54]. Αυτή η διαδικασία απαιτεί ενέργεια και η πρόσθετη ενεργειακή δαπάνη μπορεί να συμβάλει στη συνολική ενεργειακή δαπάνη μιας συνεδρίας άσκησης. Έχει αποδειχθεί ότι η διαλειμματική άσκηση υψηλής έντασης προκαλεί μεγαλύτερη επίδραση EPOC από την άσκηση χαμηλότερης έντασης, ενδεχομένως λόγω της υψηλότερης μεταβολικής απαίτησης και της μεγαλύτερης μυϊκής βλάβης και φλεγμονής που συνδέονται με την άσκηση υψηλής έντασης [55].

Στην έρευνά τους οι Liu et al. (2014) προσδιόρισαν το ενεργειακό κόστος της άσκησης αντιστάσεων, της διαλειμματικής άσκησης και της αερόβιας άσκησης σε εννέα άτομα (οκτώ άνδρες και μία γυναίκα, ηλικίας $34,5 \pm 8,2$ ετών). Η μάζα σώματος και ο βασικός μεταβολικός ρυθμός αξιολογήθηκαν πριν και κατά τη διάρκεια που οι δοκιμαζόμενοι ήταν στο κρεβάτι αντίστοιχα. Η ενεργειακή δαπάνη της άσκησης μετρήθηκε κατά τη διάρκεια και αμέσως μετά την άσκηση (EPOC), για κάθε ένα από τα πέντε διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης (διαλειμματική προπόνηση διάρκειας 30 δευτερολέπτων, 2 λεπτών και 4 λεπτών, συνεχής αερόβια άσκηση και ασκήσεις με αντιστάσεις). Μετά την εκτέλεση της άσκησης οι δοκιμαζόμενοι ήταν σε κατάκλιση. Σύμφωνα με τα ευρήματα της μελέτης, η οποία συνέκρινε διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης, η ενεργειακή δαπάνη ήταν σημαντικά υψηλότερη τις ημέρες κατά τις οποίες πραγματοποιούνταν τόσο άσκηση με αντιστάσεις όσο και συνεχής αερόβια άσκηση (2879 ± 280 kcal) σε σύγκριση με τις ημέρες κατά τις οποίες χρησιμοποιούνταν ένα πρωτόκολλο διαλειμματικής άσκησης διάρκειας 2 λεπτών (2390 ± 237

kcal), 30 δευτερολέπτων (2501 +/- 264 kcal) ή 4 λεπτών (2546 +/- 264 kcal) [55]. Ο βασικός μεταβολικός ρυθμός και η σωματική μάζα παρέμειναν σταθερές σε όλα τα πρωτόκολλα άσκησης [55].

Το κεφάλαιο 2 εξετάζει τα οφέλη της άσκησης και τις επιδράσεις της στην ενεργειακή δαπάνη. Η άσκηση έχει αποδειχθεί ότι αυξάνει την ενεργειακή δαπάνη μέσω διαφόρων μηχανισμών, συμπεριλαμβανομένης της αύξησης της μυϊκής μάζας, της αυξημένης μιτοχονδριακής δραστηριότητας και της βελτιωμένης ευαισθησίας στην ινσουλίνη. Διαφορετικοί τύποι άσκησης μπορούν να έχουν διαφορετικές επιδράσεις στην ενεργειακή δαπάνη, με τη διαλειμματική άσκηση υψηλής έντασης να φαίνεται ιδιαίτερα αποτελεσματική στην αύξηση της ενεργειακής δαπάνης τόσο κατά τη διάρκεια όσο και μετά την άσκηση. Η τακτική άσκηση μπορεί επίσης να βελτιώσει τη συνολική μεταβολική υγεία, να μειώσει τον κίνδυνο χρόνιων ασθενειών και να βελτιώσει τη συνολική ποιότητα ζωής. Συνολικά, η άσκηση αποτελεί σημαντικό συστατικό ενός υγιεινού τρόπου ζωής και μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της ενεργειακής ισορροπίας και της συνολικής υγείας.

3. Λειτουργική προπόνηση & τα πλεονεκτήματά αυτής

Ως λειτουργική προπόνηση έχει οριστεί, η εκτέλεση ασκήσεων που προσομοιώνουν κινήσεις που εκτελούνται καθημερινά [53,57]. Η λειτουργική προπόνηση έχει κεντρίσει το ενδιαφέρον των επαγγελματιών της άσκησης και συμπεριλαμβάνεται ως ένας αποτελεσματικός τρόπος προπόνησης για διάφορους σκοπούς [58]. Τέλος, ο όρος «λειτουργικός» χρησιμοποιήθηκε κατά το παρελθόν για λόγους αποκατάστασης, αλλά με την πάροδο του χρόνου χαρακτηρίστηκε ως μέσο προπόνησης [57].

Όπως όλες οι προπονήσεις, έτσι και η λειτουργική προπόνηση έρχεται να προστεθεί σε άλλες στρατηγικές προπόνησης και να επιτρέψει μια πιο ομοιογενή ανάπτυξη του σώματος [57]. Πρόσφατα έχει αναφερθεί πως η λειτουργική προπόνηση επικεντρώνεται στην ανάπτυξη βασικών κινήσεων που χρησιμοποιεί ένας αθλητής σε όλα τα αθλήματα [60]. Επιπλέον, μπορεί να είναι μέρος προπόνησης η οποία περιλαμβάνει στοιχεία μυϊκής ενδυνάμωσης, μυϊκής υπερτροφίας και μυϊκής αντοχής [61,62]. Τα χαρακτηριστικά της λειτουργικής προπόνησης αναδεικνύουν την ανάγκη να δουλέψουμε τους μυς με ολοκληρωμένο τρόπο, με πολυεπίπεδες και δυναμικές κινήσεις [63].

Ένα από τα πιο σημαντικά σημεία σχετικά με τη λειτουργική προπόνηση είναι τα οφέλη που προσφέρει. Έχει χαρακτηριστεί μια ασφαλής εναλλακτική που έχει θετικές επιπτώσεις στη μυϊκή μάζα, τη μυϊκή δύναμη, την καρδιοαναπνευστική αντοχή, την ευλυγισία και την ισορροπία. Η λειτουργική προπόνηση είναι ένας τύπος άσκησης που δίνει έμφαση σε κινήσεις και ασκήσεις που μιμούνται καθημερινές δραστηριότητες, όπως η ανύψωση, η ώθηση, το

τράβηγμα και η συστροφή. Ένα από τα βασικά οφέλη της λειτουργικής προπόνησης είναι ότι μπορεί να βελτιώσει τη συνολική φυσική κατάσταση με διάφορους τρόπους. Για παράδειγμα, η λειτουργική προπόνηση μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της μυϊκής μάζας και της μυϊκής δύναμης με την ενσωμάτωση ασκήσεων αντίστασης που στοχεύουν σε πολλαπλές μυϊκές ομάδες ταυτόχρονα, όπως τα καθίσματα, οι προβολές και οι κάμψεις. Επιπλέον, η λειτουργική προπόνηση μπορεί να βελτιώσει την καρδιοαναπνευστική αντοχή ενσωματώνοντας διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης (HIIT) και άλλες μορφές αερόβιας άσκησης, όπως το τρέξιμο ή η ποδηλασία. Η λειτουργική προπόνηση μπορεί επίσης να βελτιώσει την ευλυγισία ενσωματώνοντας ασκήσεις διάτασης και κινητικότητας που στοχεύουν σε συγκεκριμένες αρθρώσεις και μυϊκές ομάδες. Τέλος, η λειτουργική προπόνηση μπορεί να βελτιώσει την ισορροπία και τον συντονισμό ενσωματώνοντας ασκήσεις που προκαλούν την ικανότητα του σώματος να διατηρεί τη σταθερότητα και τον έλεγχο κατά τη διάρκεια της κίνησης, όπως ασκήσεις με ένα πόδι και ασκήσεις ισορροπίας [64].

Ωστόσο, εξακολουθεί να υπάρχει έλλειψη ενός μοντέλου για καλύτερη σύγκριση μεταξύ των πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται [64]. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, συμπεραίνεται πως η λειτουργική προπόνηση μπορεί να βελτιώσει όλες τις δεξιότητες του μυοσκελετικού συστήματος και συνδράμει στην βελτίωση της υγείας και της απόδοσης, παρέχοντας ισορροπία μεταξύ της κεντρικής σταθερότητας του σώματος (πυρήνας), του νευρομυϊκού και νευροκινητικού ελέγχου [59]. Τέλος, η λειτουργική προπόνηση εστιάζει στην ενεργοποίηση των σταθεροποιητικών μυών που θα ωφελούσαν στη μείωση της συχνότητας εμφάνισης τραυματισμών, ενώ η τεχνική και η ποιότητα στην εκτέλεση των ασκήσεων είναι εξαιρετικά σημαντικές κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης των ασκήσεων αυτών [56].

Η μελέτη των Liu et al. (2014) έδειξε ευεργετικά αποτελέσματα στη μυϊκή δύναμη, την ισορροπία, την κινητικότητα και τις δραστηριότητες της καθημερινής ζωής ενώ διαπιστώθηκε ότι η λειτουργική προπόνηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ηλικιωμένων. Πιο συγκεκριμένα, διερεύνησε τις επιδράσεις ενός προγράμματος λειτουργικής προπόνησης 12 εβδομάδων στη σωματική λειτουργία και την ποιότητα ζωής σε ηλικιωμένους ενήλικες. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντικές βελτιώσεις στη μυϊκή δύναμη, την ισορροπία, την κινητικότητα και τις δραστηριότητες της καθημερινής ζωής, καθώς και βελτιώσεις στην ποιότητα ζωής. Συγκεκριμένα, το πρόγραμμα λειτουργικής προπόνησης περιλάμβανε ασκήσεις όπως καθίσματα, προβολές, ανεβάσματα σε κουτί και ασκήσεις με λάστιχα αντίστασης που στόχευαν σε πολλαπλές μυϊκές ομάδες και ενσωμάτωναν λειτουργικές κινήσεις. Οι συμμετέχοντες εκτελούσαν επίσης ασκήσεις ισορροπίας και ευκινησίας και εξασκήθηκαν σε λειτουργικές δραστηριότητες όπως μεταβάσεις από το κάθισμα στον ορθοστάτη και ανέβασμα σκάλας. Μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης, οι συμμετέχοντες παρουσίασαν σημαντικές βελτιώσεις στη μυϊκή δύναμη, όπως μετρήθηκε με ασκήσεις πίεσης

ποδιών και θωρακικής πίεσης. Η ισορροπία βελτιώθηκε επίσης σημαντικά, όπως έδειξαν οι βελτιώσεις στη δοκιμασία στήριξης στο ένα πόδι και στην κλίμακα ισορροπίας Berg. Η κινητικότητα και οι δραστηριότητες της καθημερινής ζωής, όπως η ταχύτητα βάδισης και η ικανότητα ανάβασης σκαλοπατιών, βελτιώθηκαν επίσης σημαντικά.

Σε πρόσφατη μελέτη διερευνήθηκε η επίδραση της λειτουργικής προπόνησης στον νευροτροφικό παράγοντα που προέρχεται από τον εγκέφαλο των παχύσαρκων γυναικών και στην εκτελεστική λειτουργία. Για το σκοπό αυτό, 25 παχύσαρκες γυναίκες χωρίστηκαν τυχαία σε 3 διαφορετικές ομάδες που χαρακτηρίστηκαν ως ενεργά παχύσαρκες γυναίκες, ανενεργές παχύσαρκες γυναίκες και ομάδα ελέγχου. Οι συμμετέχουσες πραγματοποίησαν 24 συνεδρίες λειτουργικής προπόνησης διάρκειας μιας ώρας, για τρεις φορές την εβδομάδα. Η ένταση της δραστηριότητας για τις ερευνητικές ομάδες ήταν μέτρια, η οποία ισοδυναμούσε με ένα επίπεδο 6-7 στην κλίμακα Borg. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι η λειτουργική προπόνηση αύξησε σημαντικά τον παράγοντα BDNF (Brain Derived Neurotrophic Factor), τόσο σε ενεργές όσο και σε ανενεργές παχύσαρκες γυναίκες. Παρατηρήθηκε επίσης ότι βελτιώνει την εκτελεστική λειτουργία και στις δύο ομάδες των παχύσαρκων γυναικών μέσω της μείωσης του αριθμού των λαθών σε εκτελεστικές λειτουργίες και του χρόνου αντίδρασης [65].

3.1. Λειτουργική προπόνηση & ενεργειακή δαπάνη

Η μέτρηση της ενεργειακής δαπάνης και η ένταση της λειτουργικής προπόνησης υψηλής έντασης αξιολογήθηκε σε 20 ενήλικες (18-50 ετών). Η μορφή λειτουργικής προπόνησης υψηλής έντασης περιελάμβανε τα ακόλουθα μέρη: προθέρμανση (~5 λεπτά), άσκηση (~35 λεπτά) και αποκατάσταση (~5 λεπτά). Η κατανάλωση οξυγόνου των συμμετεχόντων, η καρδιακή συχνότητα και η φυσική δραστηριότητα αξιολογήθηκαν κατά τη διάρκεια της προπόνησης. Σύμφωνα με τα ευρήματα τα μεταβολικά ισοδύναμα κυμαίνονταν από 5,5 έως 11,6 για την πλήρη συνεδρία (συμπεριλαμβανομένης της προθέρμανσης και της αποθεραπείας). Η καρδιακή συχνότητα των συμμετεχόντων προσδιορίστηκε στο 80% της μέγιστης. Η μέση ενεργειακή δαπάνη προσδιορίστηκε στις 485 kcal ανά συνεδρία (1400 kcal/εβδομάδα) [66]. Η περιγραφή της μορφής της λειτουργικής προπόνησης υψηλής έντασης (HIFT) στη μελέτη υποδηλώνει ότι αποτελείται από τρία μέρη: προθέρμανση, άσκηση και αποκατάσταση. Η προθέρμανση διήρκεσε περίπου 5 λεπτά, ενώ το τμήμα της άσκησης διήρκεσε περίπου 35 λεπτά. Η φάση αποκατάστασης ακολούθησε την άσκηση και διήρκεσε επίσης περίπου 5 λεπτά [66]. Ωστόσο, το HIFT χαρακτηρίζεται γενικά από τη χρήση λειτουργικών κινήσεων που μιμούνται δραστηριότητες της πραγματικής ζωής και περιλαμβάνουν πολλαπλές μυϊκές ομάδες. Παραδείγματα ασκήσεων που χρησιμοποιούνται συνήθως στις προπονήσεις HIFT περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων καθίσματα, προβολές,

κάμψεις, έλξεις και burpees. Η μελέτη ανέφερε επίσης ότι η κατανάλωση οξυγόνου και ο καρδιακός ρυθμός των συμμετεχόντων μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια της προπόνησης. Ο καρδιακός ρυθμός των συμμετεχόντων βρέθηκε στο 80% του μέγιστου, γεγονός που υποδεικνύει ότι ασκούσαν με υψηλή ένταση. Επιπλέον, τα μεταβολικά ισοδύναμα (MET) κυμάνθηκαν από 5,5 έως 11,6 για ολόκληρη τη συνεδρία, γεγονός που υποδηλώνει ότι η μορφή HIIT ήταν πολύ απαιτητική όσον αφορά την ενεργειακή δαπάνη [66].

Η ενεργειακή δαπάνη του ανθρώπινου σώματος μετριέται με την έμμεση θερμιδομετρία, η οποία βασίζεται στην τριαδική σχέση που υπάρχει ανάμεσα στο οξυγόνο που καταναλώνεται, στο διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται και στην ενέργεια που απελευθερώνεται κατά την καύση θερμιδογόνων ουσιών στα μιτοχόνδρια. Η εξίσωση που χρησιμοποιείται για την καύση των υδατανθράκων είναι η εξής:



Από την εξίσωση προκύπτει πως με την καύση ενός γραμμαρίου υδατανθράκων στα μιτοχόνδρια, καταναλώνονται 828 ml O₂, παράγεται η ίδια ποσότητα CO₂ και απελευθερώνονται 4,2 kcal ενέργειας. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να υπολογιστεί και η θερμιδική ισοδυναμία του O₂, που είναι περίπου 5kcal για κάθε λίτρο O₂ που καταναλώνεται. Το ενεργειακό ισοδύναμο των λιπών και των πρωτεϊνών είναι 4,7 και 4,4 kcal για κάθε λίτρο οξυγόνου [31]. Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί το ερευνητικό κενό στη βιβλιογραφία όσον αφορά στην έμμεση θερμιδομετρία, το οποίο δε μας επιτρέπει να γνωρίζουμε την ενεργειακή δαπάνη κατά την εκτέλεση διαφόρων ασκήσεων, και ειδικά των ασκήσεων με ιμάντες [31].

4. Λειτουργική προπόνηση με ιμάντες

Η άσκηση ολικής αντίστασης με ιμάντες αιώρησης βασίζεται στην αρχή του Suspension Training (οι ασκήσεις εκτελούνται με δύο ιμάντες με το σωματικό βάρος του ασκούμενου). Κατά τη διάρκεια της προπόνησης με ιμάντες, μπορεί κανείς να εκτελέσει με ασφάλεια εκατοντάδες ασκήσεις για να αυξήσει τη δύναμη, την ευλυγισία, την ισορροπία και την κινητικότητα χωρίς τον κίνδυνο τραυματισμού [3,67]. Έρευνες έχουν δείξει ότι οι συγκεκριμένες ασκήσεις βελτιώνουν τη δύναμη και την ιδιοδεκτικότητα του ασκούμενου, χρησιμοποιώντας προοδευτική υπερφόρτωση. Αυτό το είδος προπόνησης είναι κατάλληλο για όλους, καθώς ελέγχεται εύκολα το επίπεδο της αντίστασης και της γωνίας εκτέλεσης των ασκήσεων [3,67]. Είναι ιδανικό τόσο για αποκατάσταση όσο και για εντατικό πρόγραμμα φυσικής κατάστασης. Σε αντίθεση με τις τυπικές προπονήσεις που απαιτούν την ενεργοποίηση μιας ενιαίας μυϊκής ομάδας, οι ασκήσεις με ιμάντες επιτρέπουν ένα ευρύτερο φάσμα κινήσεων

και μυϊκών ομάδων ταυτόχρονα. Η προπόνηση έχει ένα ευρύ φάσμα ασκήσεων για το άνω και κάτω μέρος του σώματος, απαιτώντας τη διατήρηση της ισορροπίας κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των ασκήσεων [3,67,68].

Ο σκοπός μιας πρόσφατης μελέτης ήταν διττός: (α) να ποσοτικοποιηθούν οι καρδιαγγειακές και μεταβολικές αντιδράσεις με τη χρήση ιμάντων και (β) να προσδιοριστεί η αποτελεσματικότητα ενός προγράμματος οκτώ εβδομάδων στη βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής, μυϊκής και νευροκινητικής κατάστασης. Στη μελέτη συμμετείχαν δεκαέξι γυναίκες και άνδρες, με μέση ηλικία $40,1 \pm 13,5$ έτη, μέσο ύψος $165,3 \pm 8,2$ cm, μέσο βάρος $64,2 \pm 11,9$ kg, μέσο ποσοστό σωματικού λίπους $23,0 \pm 5,0\%$ και μέση VO_{2max} $41,2 \pm 7,2$ ml/kg/min. Οι συμμετέχοντες ολοκλήρωσαν μια 60λεπτη συνεδρία με ιμάντες σε μη διαδοχικές ημέρες. Τα καρδιαγγειακά και μεταβολικά δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω ενός φορητού αναλυτή ανταλλαγής αερίων. Επιπλέον, οι συμμετέχοντες ολοκλήρωσαν ένα πρόγραμμα με ιμάντες οχτώ εβδομάδων (συνεδρίες 60 λεπτών που εκτελούνται τρεις φορές/εβδομάδα). Οι καρδιομεταβολικοί παράγοντες κινδύνου και η μυϊκή, νευροκινητική κατάσταση, καθώς και η ευλυγισία μετρήθηκαν κατά την έναρξη και μετά το πρόγραμμα άσκησης.

Σύμφωνα με τα ευρήματα ο συνολικός καρδιακός ρυθμός για ένα μάθημα προπόνησης 60 λεπτών ήταν $131,3 \pm 10,8$ παλμοί/λεπτό, που αντιστοιχούσε σε $59,9 \pm 10,2\%$ των μέγιστων καρδιακών παλμών. Η ένταση της άσκησης στο μεταβολικό ισοδύναμο των ασκήσεων ήταν $5,8 \pm 1,0$, που ισοδυναμούσε με $45,9 \pm 8,6\%$ της VO_{2max} . Η συνολική ενεργειακή δαπάνη ήταν $398,1 \pm 114,1$ kcal/κατηγορία. Μετά από οχτώ εβδομάδες προπόνησης υπήρξαν σημαντικές βελτιώσεις στους ακόλουθους καρδιακούς και μεταβολικούς παράγοντες κινδύνου και στις παραμέτρους μυϊκής φυσικής κατάστασης: περίμετρος μέσης, συστολική και διαστολική αρτηριακή πίεση, σωματικό λίπος, μέγιστη μία επανάληψη για πίεση ποδιών και πιέσεων στήθους, κοιλιακούς και κάμψεις [69,75]. Το συμπέρασμα είναι ότι ένα πρόγραμμα προπόνησης οκτώ εβδομάδων μπορεί να βελτιώσει αποτελεσματικά την καρδιοαναπνευστική, μυϊκή και νευροκινητική ικανότητα, καθώς και να μειώσει ορισμένους καρδιακούς και μεταβολικούς παράγοντες κινδύνου. Μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος οκτώ εβδομάδων, υπήρξαν σημαντικές βελτιώσεις στην περίμετρο της μέσης, στη συστολική και διαστολική αρτηριακή πίεση, στο σωματικό λίπος και σε διάφορες μετρήσεις της μυϊκής ικανότητας, συμπεριλαμβανομένων της μιας μέγιστης επανάληψης για το κάθισμα και τις πιέσεις στήθους, καθώς και για τα ροκανίσματα κοιλιακών και κάμψεων [69,75].

Σε μελέτη στην οποία συμμετείχαν 20 άντρες ηλικίας 20 έως 24 ετών περιλάμβανε τρεις τύπους άσκησης με σχοινί και τρεις τύπους άσκησης με λάστιχα. Το μεταβολικό κόστος (μεταβολικό ισοδύναμο, κατανάλωση οξυγόνου και ενεργειακή δαπάνη) κατά τη διάρκεια της προπόνησης μετρήθηκε χρησιμοποιώντας φορητό αναλυτή αερίων. Τα αποτελέσματα έδειξαν

ότι η μέση τιμή μεταβολικού ισοδύναμου ενέργειας για ασκήσεις με σχοινί και ιμάντες για 10 λεπτά ήταν $7,25 \pm 1,62 \text{ kcal}$. Η μέση καταγεγραμμένη κατανάλωση οξυγόνου ήταν $1655,05 \pm 295,703 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$, ενώ η μέση ενέργεια που χρησιμοποιείται είναι $74,75 \pm 14,78 \text{ kcal}$. Η μέση καρδιακή συχνότητα κατά τη διάρκεια μιας λειτουργίας άσκησης 10 λεπτών ήταν $153,15 \pm 13,28$ ανά λεπτό [70]. Με βάση τα ευρήματα που αναφέρονται στην αναφορά, το συμπέρασμα είναι ότι οι ασκήσεις με σχοινιά και λάστιχα μπορούν να είναι αποτελεσματικές για την αύξηση του μεταβολικού κόστους και της ενεργειακής δαπάνης κατά τη διάρκεια της προπόνησης, καθώς και για την αύξηση του καρδιακού ρυθμού [70].

Ο προσδιορισμός της ενεργειακής δαπάνης κατά τη διάρκεια λειτουργικής προπόνησης υψηλής έντασης μπορεί να ωφελήσει τους επαγγελματίες. Στόχος μιας πρόσφατης μελέτης ήταν η σύγκριση της ενεργειακής δαπάνης μεταξύ των δύο φύλων σε συνάρτηση με τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά, τη φυσική κατάσταση και την απόδοση κατά τη διάρκεια μιας υψηλής έντασης προπόνησης με τη χρήση φορητού αναλυτή αερίων. Επιλέχθηκαν συμμετέχοντες που έλαβαν μέρος σε προπόνηση υψηλής έντασης για διάστημα μεγαλύτερο των τεσσάρων εβδομάδων ηλικίας $31,3 \pm 7,2$ έτη. Το ύψος και το βάρος προσδιορίστηκαν με χρήση ζυγαριάς και αναστημόμετρου, αντίστοιχα, ενώ η μέτρηση του ποσοστού του σωματικού λίπους (%BF) πραγματοποιήθηκε με τη χρήση DXA. Οι συμμετέχοντες ολοκλήρωσαν ένα πρωτόκολλο με προοδευτική αύξηση της έντασης για τον προσδιορισμό της μέγιστης κατανάλωσης οξυγόνου ($\text{VO}_{2\text{peak}}$). Οι συμμετέχοντες επέστρεψαν μετά από μία εβδομάδα για να πραγματοποιήσουν μια λειτουργική προπόνηση υψηλής έντασης, ενώ φορούσαν φορητό αναλυτή ανταλλαγής αερίων για τον προσδιορισμό της ενεργειακής δαπάνης. Οι συμμετέχοντες ολοκλήρωσαν όσο το δυνατόν περισσότερους γύρους σε μια σειρά 250 μέτρων, 20 ταλαντεύσεις (swings) με δρόμια και 15 γέφυρες (thrusters) σε 15 λεπτά. Από την στατιστική ανάλυση διαπιστώθηκε πως η μέση ενεργειακή δαπάνη ήταν σημαντικά διαφορετική μεταξύ των γυναικών ($48,9 \pm 18,2 \text{ kcal/min}$) και των ανδρών ($71,2 \pm 20,0 \text{ kcal/min}$) [71]. Με βάση τα ευρήματα που αναφέρονται στην αναφορά, το συμπέρασμα είναι ότι υπάρχει σημαντική διαφορά της ενεργειακής δαπάνης μεταξύ ανδρών και γυναικών κατά τη διάρκεια της λειτουργικής προπόνησης υψηλής έντασης (HIFT) [71].

Η διερεύνηση του ενεργειακού ισοζυγίου κατά τη διάρκεια μιας εβδομάδας λειτουργικής προπόνησης εξετάστηκε πρόσφατα όπου το δείγμα της έρευνας αποτελούνταν από άνδρες και γυναίκες ηλικίας, $43,5 \pm 8,4$ έτη, με δείκτης μάζας σώματος, $27,8 \pm 4,9 \text{ kg/m}^2$. Αξιολογήθηκαν η σύσταση του σώματος πριν και μετά από μια εβδομάδα προπόνησης και η συνολική ενεργειακή δαπάνη. Η ενεργειακή πρόσληψη αξιολογήθηκε από τη συνολική ενεργειακή δαπάνη και τη σύσταση του σώματος. Η ενεργειακή δαπάνη ήταν κατά μέσο όρο $605 \pm 219 \text{ kcal}$ ανά 72 ± 10 λεπτά συνεδρίας. Η εβδομαδιαία ενεργειακή δαπάνη λειτουργικής προπόνησης ήταν $2723 \pm 986 \text{ kcal}$. Οι συμμετέχοντες είχαν ενεργειακό έλλειμμα (συνολική

ενεργειακή δαπάνη: 3674 ± 855 kcal/ημέρα, ενεργειακή πρόσληψη: 3167 ± 1401 kcal/ημέρα). Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι η λειτουργική προπόνηση μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο για μεθοδική απώλεια βάρους σε υπέρβαρους/παχύσαρκους πληθυσμούς [72,74]. Με βάση τα ευρήματα που αναφέρονται, το συμπέρασμα είναι ότι η λειτουργική προπόνηση μπορεί να αποτελέσει αποτελεσματικό εργαλείο για την προώθηση της απώλειας βάρους σε υπέρβαρους/παχύσαρκους πληθυσμούς [72,74].

Παρά την χρησιμοποίηση ασκήσεων που προσδιορίζουν την λειτουργική προπόνηση και κατ' επέκταση τη χρήση των ιμάντων αιώρησης με βασικό σκοπό την μείωση του σωματικού βάρους, την διατήρηση ή αύξηση της μυϊκής μάζας και την απώλεια σωματικού λίπους, η απουσία μελετών που να προσδιορίζουν την θερμιδική κατανάλωση κατά τη διάρκεια εκτέλεσης ασκήσεων, δημιουργεί την ανάγκη έρευνας. Παράλληλα, η χρονική διάρκεια εκτέλεσης των ασκήσεων δεν έχει εξεταστεί ως προς την θερμιδική κατανάλωση των ασκούμενων και έτσι θεωρείται πως ο προσδιορισμός των φυσιολογικών χαρακτηριστικών και η αξιολόγηση της ενεργειακής δαπάνης τόσο κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των ασκήσεων, όσο και μετά το πέρας της εκτέλεσης αυτών, θα βοηθήσει στον ευκολότερο καταρτισμό ενός προγράμματος άσκησης με μια μέθοδο που εκτενώς χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια σε επαγγελματικούς χώρους άσκησης.

Η λειτουργική προπόνηση περιλαμβάνει κινήσεις υψηλής έντασης και πρόσφατη έρευνα έχει δείξει ότι το πρόγραμμα αυξάνει τους μεταβολικούς ρυθμούς των συμμετεχόντων. Στόχος ήταν η μέτρηση της ενεργειακής δαπάνης ηρεμίας σε συμμετέχοντες που ακολούθησαν λειτουργική προπόνηση χρησιμοποιώντας έμμεση θερμιδομετρία. Συνολικά, 142 συμμετέχοντες 18-59 ετών, υποβλήθηκαν σε μετρήσεις βάρους, ύψους, περιφέρειας μέσης και δείκτη μάζας σώματος. Η ενεργειακή δαπάνη μετρήθηκε (REE) με έμμεση θερμιδομετρία με τη χρήση έξι διαφορετικών εξισώσεων (pREE): Harris-Benedict, Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ), Henry and Rees, Cunningham (1980 και 1991) και Mifflin-St. Jeor. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα η μέση ηλικία ήταν $33,0 \pm 6,3$ έτη, χωρίς σημαντική διαφορά μεταξύ ανδρών και γυναικών, μέσο mREE, $1583,2 \pm 404,4$ kcal/ημ. και pREE, 1455,5 (230,9) έως 1711,3 (285,5) kcal/d. Οι καλύτερες προγνωστικές εξισώσεις ενεργειακής δαπάνης ηρεμίας για αυτόν τον πληθυσμό ήταν οι εξισώσεις Cunningham (1991) ($P=0,338$), WHO ($P=0,494$) και Harris-Benedict ($P=0,705$). Σε αυτό το σημείο, να πρέπει να διευκρινιστεί πως mREE σημαίνει μετρούμενη ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας και pREE σημαίνει προβλεπόμενη ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας. Η μετρούμενη ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας αναφέρεται στην πραγματική ποσότητα ενέργειας που δαπανά το σώμα ενός ατόμου σε κατάσταση ηρεμίας και συνήθως μετράται με έμμεση θερμιδομετρία. Η προβλεπόμενη ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας, από την άλλη πλευρά, είναι μια εκτίμηση της ενεργειακής δαπάνης ηρεμίας ενός ατόμου με βάση διάφορες εξισώσεις που λαμβάνουν υπόψη παράγοντες όπως η ηλικία, το φύλο, το βάρος και το ύψος. Η μελέτη

χρησιμοποίησε έξι διαφορετικές εξισώσεις για την πρόβλεψη της ενεργειακής δαπάνης ηρεμίας και τις συνέκρινε με τη μετρούμενη ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας. Η εξίσωση Harris-Benedict παρουσίασε μικρότερη διαφορά συγκριτικά με την έμμεση θερμιδομετρία [12,9(307,6) kcal], η εξίσωση Cunningham (1991) έδειξε improved adequacy (102,5%) και η εξίσωση της ΠΟΥ παρουσίασε την υψηλότερη ακρίβεια (59,9%). Οι εξισώσεις που ήταν πιο κοντά στο REE ήταν η εξίσωση Harris-Benedict για τις γυναίκες και η εξίσωση του ΠΟΥ για τους άνδρες [73,76,77]. Στο πλαίσιο της παρεχόμενης αναφοράς, οι 12,9 kcal αντιπροσωπεύουν τη μέση διαφορά μεταξύ της μετρούμενης ενεργειακής δαπάνης ηρεμίας (mREE) και της προβλεπόμενης ενεργειακής δαπάνης ηρεμίας (pREE) χρησιμοποιώντας την εξίσωση Harris-Benedict. Αυτό σημαίνει ότι κατά μέσο όρο, η εξίσωση Harris-Benedict υπερεκτίμησε την ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας κατά 12,9 kcal σε σύγκριση με την πραγματική μετρούμενη τιμή. Η τιμή των 307,6 kcal στην παρένθεση υποδηλώνει την τυπική απόκλιση της διαφοράς μεταξύ mREE και pREE με χρήση της εξίσωσης Harris-Benedict. Αυτό σημαίνει ότι η προβλεπόμενη ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας με χρήση της εξίσωσης Harris-Benedict είχε σχετικά υψηλό βαθμό μεταβλητότητας σε σύγκριση με την πραγματική μετρούμενη τιμή.

Σκοπός της παρούσας προτεινόμενης μελέτης είναι να καλύψει ένα κενό στη βιβλιογραφία, εξετάζοντας τη θερμιδική δαπάνη και τις φυσιολογικές αντιδράσεις των ασκούμενων κατά τη διάρκεια και μετά την εκτέλεση ασκήσεων λειτουργικής προπόνησης με τη χρήση ιμάντων ανάρτησης. Παρά τη δημοτικότητα των ασκήσεων λειτουργικής προπόνησης και της χρήσης ιμάντων αιώρησης, υπάρχει επί του παρόντος έλλειψη έρευνας που να διερευνά ειδικά τη θερμιδική δαπάνη αυτών των ασκήσεων, ιδίως σε σχέση με τη διάρκεια της άσκησης. Αυτό το κενό γνώσεων δυσχεραίνει τους επαγγελματίες της άσκησης να αναπτύξουν αποτελεσματικά και αποδοτικά προγράμματα άσκησης που μεγιστοποιούν τη θερμιδική δαπάνη για τους ασκούμενους.

Για να αντιμετωπιστεί αυτό το κενό στη βιβλιογραφία, η προτεινόμενη μελέτη στοχεύει στον προσδιορισμό και στη σύγκριση των φυσιολογικών και ενεργειακών απαιτήσεων που προκαλεί η εκτέλεση έξι ασκήσεων λειτουργικής προπόνησης με χρήση ιμάντων αιώρησης, καθώς επίσης και να ελεγχθούν πιθανές διαφοροποιήσεις των δεικτών που καθορίζουν την ενεργειακή δαπάνη όταν το ερέθισμα της εκτέλεσης των έξι ασκήσεων διαρκεί για 30 (T30) και 45 (T45) δευτερόλεπτα αντίστοιχα.

Τα ευρήματα αυτής της μελέτης αναμένεται να συμβάλουν σημαντικά στη βιβλιογραφία παρέχοντας καλύτερη κατανόηση της θερμιδικής δαπάνης και των φυσιολογικών αντιδράσεων των ασκούμενων κατά τη διάρκεια και μετά την εκτέλεση ασκήσεων λειτουργικής προπόνησης με χρήση ιμάντων αιώρησης. Οι πληροφορίες αυτές θα είναι πολύτιμες για τους επαγγελματίες της άσκησης στην ανάπτυξη τεκμηριωμένων προγραμμάτων άσκησης που βελτιστοποιούν τη θερμιδική δαπάνη για τους ασκούμενους τους. Επιπλέον, τα ευρήματα της μελέτης μπορεί να

επιδρούν στην ανάπτυξη προγραμμάτων άσκησης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προώθηση της απώλειας βάρους και τη βελτίωση των συνολικών αποτελεσμάτων της υγείας σε υπέρβαρους και παχύσαρκους πληθυσμούς.

5. Μεθοδολογία

5.1. Δείγμα

Δείγμα της παρούσας έρευνας αποτέλεσαν 10 υγιή άτομα, ηλικιακού εύρους 18 έως 35 ετών. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Νομού Τρικάλων. Οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν εκτενώς σε αίθουσα της Σ.Ε.Φ.Α.Α Π.Θ. (Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού του πανεπιστημίου Θεσσαλίας), τόσο για την πειραματική διαδικασία όσο και για τον σχεδιασμό της μελέτης, τους κινδύνους και τα οφέλη από τη συμμετοχή τους και παρέδωσαν ενυπόγραφο το έντυπο συναίνεσης και το ιατρικό τους ιστορικό.

5.2. Κριτήρια συμμετοχής

Άντρες και γυναίκες εθελοντές 18-35 ετών οι οποίοι υπέγραψαν γραπτή συγκατάθεση συμμετοχής στη μελέτη, καθώς ενημερώθηκαν εκτενώς για τη διαδικασία και τις προδιαγραφές συμμετοχής. Επιπλέον, α) το BMI του δείγματος έπρεπε να είναι στα φυσιολογικά όρια, β) η αρτηριακή πίεση των συμμετεχόντων έπρεπε να κυμαίνεται σε φυσιολογικά επίπεδα, γ) οι συμμετέχοντες ήταν μη καπνίζοντες δ) δεν είχαν εμφανίσει πρόσφατα ασθένεια ή μεταβολικό νόσημα ε) δεν έπρεπε να έχουν λάβει φαρμακευτική αγωγή, είτε συμπληρώματα διατροφής κατά το τελευταίο 6μηνο, στ) δεν έπρεπε να συμμετάσχουν σε άλλου είδους δραστηριότητες πλην αυτών της έρευνας. Κατά την διάρκεια υλοποίησης της μελέτης κανένας εκ των συμμετεχόντων δεν τραυματίστηκε ή σταμάτησε της συμμετοχή του στη μελέτη. Τέλος, κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της μελέτης, οι συμμετέχοντες κατανάλωναν μόνο νερό, ενώ δεν επιτράπη στους συμμετέχοντες να καταναλώνουν φαγητό ή αλκοόλ.

5.3. Ερευνητικός σχεδιασμός

Στην πρώτη συνάντηση (**1^η επίσκεψη**) στο εργαστήριο Βιοχημείας, Φυσιολογίας και Διατροφής της άσκησης (SmArT Lab) του Κέντρου Έρευνας και Αξιολόγησης της Φυσικής Απόδοσης (ΚΕΑΦΑ) του Τ.Ε.Φ.Α.Α. του Π.Θ., πραγματοποιήθηκε η ενημέρωση για την πειραματική διαδικασία και στη συνέχεια υπεγράφη το έντυπο συγκατάθεσης και συμπληρώθηκε το ιατρικό ιστορικό των συμμετεχόντων. Παράλληλα επαγγελματίας

διατροφολόγος, παρουσίασε τον τρόπο καταγραφής διατροφικού ημερολογίου, ενώ καθοδήγησε τους συμμετέχοντες με σκοπό την διατήρηση των διατροφικών συνηθειών κατά την διάρκεια της μελέτης. Ακολούθησε εξοικείωση των συμμετεχόντων με τις αξιολογήσεις και τις ασκήσεις που θα εκτελούσαν.

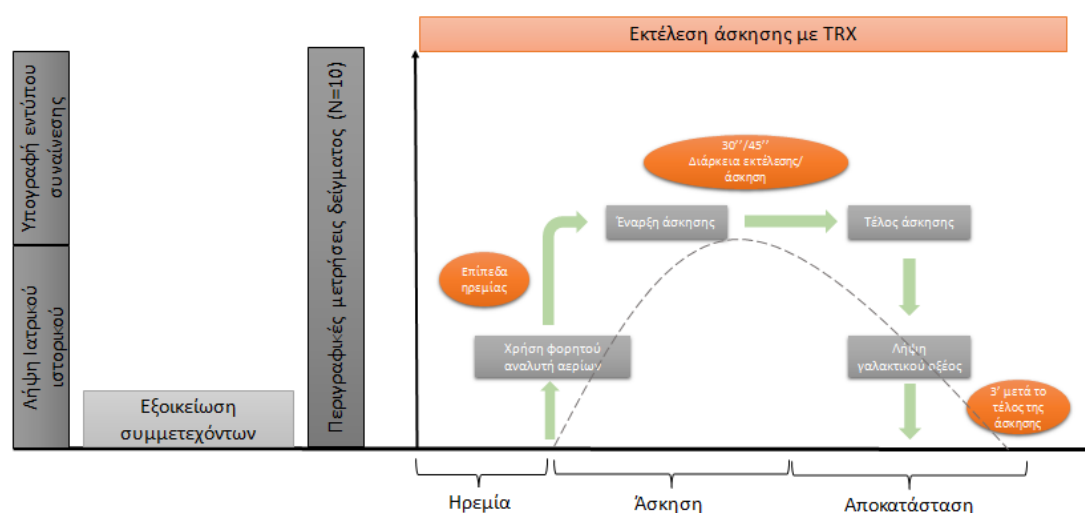
Στην επόμενη επίσκεψη (επίσκεψη 2), οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε αξιολόγηση των σωματομετρικών χαρακτηριστικών τους, συμπεριλαμβανομένου του ύψους, του βάρους, του δείκτη μάζας σώματος και της περιφέρειας μέσης/ισχίων. Η σύνθεση του σώματος αξιολογήθηκε με τη μέθοδο (DXA) και μετρήθηκε ο βασικός μεταβολικός ρυθμός (BMR). Η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_{2max}) αξιολογήθηκε με τη χρήση πρωτοκόλλου μέγιστης άσκησης σε διάδρομο. Η μέγιστη δύναμη (1RM) των συμμετεχόντων στην κλειστή κινητική αλυσίδα, στην πίεση στήθους και στις ασκήσεις καθιστής θέσης αξιολογήθηκε με τη χρήση ολυμπιακής μπάρας και την έμμεση μέθοδο υπολογισμού της 1RM, ενώ η μυϊκή αντοχή αξιολογήθηκε με κοιλιακούς και κάμπυεις για ένα λεπτό. Πριν από τις αξιολογήσεις, οι συμμετέχοντες εκπαιδεύτηκαν να εκτελούν τις ασκήσεις με ασφάλεια για να αποφευχθεί ο κίνδυνος τραυματισμού.

Στη συνέχεια, το δείγμα ακολούθησε το προκαθορισμένο για την έρευνα πρωτόκολλο άσκησης που αποτελούνταν από έξι ασκήσεις βασισμένες στα έξι κινητικά πρότυπα με τη χρήση ιμάντων αιώρησης για 30 και 45 δευτερόλεπτα (χρονική διάρκεια εκτέλεσης των ασκήσεων). Η κλίση των ιμάντων αιώρησης ορίστηκε στις 45 μοίρες (45°). Οι ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι εξής: άσκηση σανίδας (με στήριξη του αντιβραχίου) (P), καθίσματα με χέρια στην ανάταση (OS), καθίσματα στο ένα πόδι (SS), κωπηλατική (BR), άσκηση πιέσεων στήθους (CP) και άσκηση με περιστροφή του κορμού (TR). Για το πρωτόκολλο αυτό κριτήριο αποτελούσε η σωστή εκτέλεση της τεχνικής και η διατήρηση του μέγιστου ρυθμού εκτέλεσης.

5.4. Πρωτόκολλο παρέμβασης

Το πρωτόκολλο περιλάμβανε 6 ασκήσεις βασισμένες στα έξι πρότυπα κίνησης (σανίδα (TP), καθίσματα με χέρια στην ανάταση (OS), καθίσματα στο ένα πόδι (SS), κωπηλατική (BR), άσκηση πιέσεων στήθους (CP) και άσκηση με περιστροφή του κορμού (TR) χρησιμοποιώντας ιμάντες αιώρησης, ενώ κάθε άσκηση εκτελέστηκε για 30 και για 45 δευτερόλεπτα αντίστοιχα με τυχαιοποιημένη σειρά. Η κλίση των ιμάντων αιώρησης ορίστηκε στις 45 μοίρες. Η άσκηση TP πραγματοποιήθηκε με στήριξη στους πήχεις. Για να πραγματοποιηθεί η διαδικασία των ασκήσεων τοποθετούνταν στον συμμετέχοντα, καρδιοσυχνόμετρο καθώς και ο φορητός αναλυτής αερίων περιμένοντας να φτάσουν σε επίπεδα ηρεμίας η κατανάλωση οξυγόνου, το αναπνευστικό πηλίκο VO_2/VCO_2 (RQ), η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος και η καρδιακή

συχνότητα των συμμετεχόντων. Στη συνέχεια, οι συμμετέχοντες εκτελούσαν μια άσκηση από το τυχαιοποιημένα επιλεγμένο πρωτόκολλο στον ίδιο χώρο. Μετά από τρία λεπτά πραγματοποιούνταν η μέτρηση της συγκέντρωσης του γαλακτικού οξέος. Ο φορητός αναλυτής αερίων αφαιρούνταν μόλις η κατανάλωση οξυγόνου, το RQ και η καρδιακή συχνότητα επέστρεφαν στα επίπεδα ηρεμίας. Πριν την άσκηση, τρία λεπτά μετά το τέλος της κάθε άσκησης καθώς και 15 λεπτά μετά την άσκηση λήφθηκαν δείγματα τριχοειδικού αίματος από το δάκτυλο για τον προσδιορισμό του γαλακτικού οξέος στους 10 ασκούμενους, ενώ η λήψη δείγματος συνεχιζόταν έως ότου η συγκέντρωση γαλακτικού οξέος να φτάσει σε επίπεδα ηρεμίας.



Σχήμα 1. Πειραματικός σχεδιασμός.

5.5. Περιγραφή Εξοπλισμού

Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά: Σωματικό ύψος, σωματική μάζα σε αναστημόμετρο-ζυγό (Stadiometer 208; Seca, Birmingham, UK).

Σωματική σύσταση: Ποσοστό σωματικού λίπους, μυϊκή μάζα, λιπώδης μάζα με τη μέθοδο της απορροφησιομετρίας διπλής δέσμης ακτίνων X (DXA, Lunar DPXNT).

Αερόβια ικανότητα: Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου Vo2max σε αναλυτή αερίων (CareFusion, Viasis).

Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός: Μέτρηση βασικού μεταβολικού ρυθμού με χρήση αναλυτή αερίων (CareFusion, Viasis).

Φορητός αναλυτής αερίων: Καταγραφή, προαναφερθέντων τιμών, κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Μετρητής γαλακτικού οξέος: Μέτρηση γαλακτικού στο αίμα πριν και μετά την άσκηση με

τη χρήση μηχανήματος NOVA biomedical.

Καρδιακή συχνότητα: Ο υπολογισμός της καρδιακής συχνότητας έγινε με την χρήση καρδιοσυχνόμετρων POLAR.

Κατά την καταγραφή των δεδομένων και για τον υπολογισμό της ενεργειακής δαπάνης κατά τη διάρκεια της άσκησης για 30 και 45 δευτερόλεπτα, αλλά και της ενεργειακής δαπάνης για το χρονικό διάστημα μετά το τέλος της άσκησης (συνολικής ενεργειακής δαπάνης) τόσο για το πρωτόκολλο των 30 όσο και για το πρωτόκολλο των 45 δευτερολέπτων χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω εξισώσεις [76,77]:

$$\text{Συνολική ΕΔ δραστηριότητας/άσκησης} = \text{ΕΔ οξειδωτικού συστήματος} + \text{ΕΔ γλυκολυτικού συστήματος} + \text{ΕΔ περίσσεια οξυγόνου αποκατάστασης}$$

όπου:

- ΕΔ οξειδωτικού συστήματος: $\text{VO2}_{\text{άσκησης}} - \text{VO2}_{\text{ηρεμίας}} = \text{VO2}$
 - $1 \text{ LO}_2 = 21,1 \text{ kJ}$
- ΕΔ γλυκολυτικού συστήματος: $\Delta \text{lac}(\text{mmol}) = \text{Lac}_{\text{post}} - \text{Lac}_{\text{pre}}$
 - $\Delta \text{lac}(\text{mmol}) \times \text{Body weight}(\text{kg}) \times 3.0 (\text{ml O}_2) = \text{ml O}_2$
 - $1 \text{ L O}_2 = 21,1 \text{ kJ}$
- ΕΔ περίσσεια οξυγόνου αποκατάστασης: $\text{VO2}_{\text{EPOC}} - \text{VO2}_{\text{ηρεμίας}} = \text{VO2}$
 - $1 \text{ L O}_2 = 19,6 \text{ kJ}$

5.6. Εκτίμηση σωματομετρικών χαρακτηριστικών & σωματικής σύστασης:

Η εκτίμηση του αναστήματος πραγματοποιήθηκε με τη χρήση αναστημόμετρου SECA. Στους συμμετέχοντες δόθηκε η οδηγία να ανέβουν στην πλατφόρμα του αναστημόμετρου σε όρθια θέση, με τις φτέρνες ενωμένες και τα πόδια σε γωνία 60°, ενώ οι γλουτοί και το άνω μέρος της πλάτης ήταν σε επαφή με την κάθετη δοκό του αναστημόμετρου. Στη συνέχεια τους ζητήθηκε να εισπνεύσουν και να διατηρήσουν τον εισπνεόμενο αέρα, ενώ ο εξεταστής συμπίεσε την οριζόντια δοκό του αναστημόμετρου στο άνω μέρος της κεφαλής. Το σωματικό βάρος μετρήθηκε μέσω του ζυγού (Beam balance, Seca, Germany) [64].

Για την σωματική σύσταση πραγματοποιήθηκε ολική σάρωση του σώματος μέσω

απορρόφησης ακτίνων Χ διπλής εκπομπής (DXA, GE Healthcare, Lunar DPX-NT) και τα δεδομένα αναλύθηκαν μέσω του προγράμματος Lunar. Οι συμμετέχοντες, μετά από τις οδηγίες που τους δόθηκαν για την διαδικασία της μέτρησης (κλείσιμο των ματιών κατά την διάρκεια της σάρωσης, ακινησία των μελών του σώματος, αφαίρεση μεταλλικών αντικειμένων), τοποθετήθηκαν σε ύπτια θέση για 10 λεπτά (χρονική διάρκεια σάρωσης). Υπολογίστηκε το ποσοστό του σωματικού λίπους, η άλιπη σωματική μάζα αλλά και η οστική πυκνότητα [72].

Για τη μέτρηση του βασικού μεταβολισμού οι εθελοντές τοποθετήθηκαν σε ένα κρεβάτι σε σκοτεινό θάλαμο και όντας συνδεδεμένοι με τον αναλυτή αερίων. Στόχος ήταν οι παλμοί τους να φτάσουν σε επίπεδα απόλυτης ηρεμίας, χωρίς να αποκοιμηθούν. Η διαδικασία διήρκεσε περίπου 40 λεπτά για τον κάθε ασκούμενο. Οι ασκούμενοι δεν είχαν καταναλώσει τροφή πριν τη μέτρηση [73].

5.7. Αξιολόγηση δεικτών απόδοσης:

Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου: Η αξιολόγηση της αερόβιας ικανότητας πραγματοποιήθηκε, μέσω του άμεσου προσδιορισμού της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (Vo_{2max}), σε δαπεδοεργόμετρο (Stex 8025 T, Korea). Στο πρωτόκολλο σταδιακά αυξανόμενης έντασης που χρησιμοποιήθηκε, η ταχύτητα αυξανόταν κατά 1χλμ./ώρα για κάθε δύο λεπτά ενώ, η κλίση παρέμενε σταθερή σε όλη τη διάρκεια της μέτρησης. Η καταγραφή της πρόσληψης οξυγόνου πραγματοποιήθηκε μέσω ηλεκτρονικού συστήματος ανταλλαγής πνευμονικών αερίων (Vmax Encore 29, BEBJO296, Yorba Linda, CA, USA) ενώ, έγινε χρήση του ανοικτού συστήματος σπιρομέτρησης, με καταγραφή των τιμών κάθε 30 δευτερόλεπτα (breath by breath). Σε όλη τη διάρκεια της μέτρησης οι συμμετέχοντες φορούσαν καρδιοσυχνόμετρο τύπου Polar (M200), για την καταγραφή της καρδιακής συχνότητας. Επιπλέον, αξιολογήθηκε η υποκειμενική κόπωση μέσω της κλίμακας Borg [74].

Μέγιστη δύναμη: Διαδικασία εκτέλεσης της δοκιμασίας μίας μέγιστης επανάληψης (1ME).

Πριν ξεκινήσει την εκτέλεση ο ασκούμενος καταγράψαμε την απόσταση μετατόπισης της μπάρας (s) για τον μετέπειτα υπολογισμό του έργου μετρώντας την ευθεία γραμμή που διατρέχει η μπάρα κατά τη διάρκεια της μειομετρικής φάσης της άσκησης (αρχική με τελική θέση της μπάρας) με μία μεζούρα (για τις πιέσεις πάγκου η αρχική θέση είναι η τοποθέτηση της μπάρας στο στήθος και η τελική το σημείο που φθάνει η μπάρα με την έκταση του αγκώνα). Ακολούθησε προθέρμανση 2-3 λεπτών με διατάσεις (στατικές και βαλιστικές) των μυών του κορμού και των άνω άκρων και στην συνέχεια εκτέλεση ενός σετ προθέρμανσης των 5-10 επαναλήψεων στην ίδια άσκηση με βάρος που αντιστοιχεί το 60-80% της υπολογιζόμενης 1ME. Στη συνέχεια ακολούθησε διάλειμμα ενός λεπτού.

Αφού καταγράψαμε το βάρος που σήκωσε ο ασκούμενος κατά την προθέρμανση, τοποθετήσαμε ένα βάρος στη μπάρα που ήταν κοντά στο 80-95% της 1ME ώστε να επιτρέπει

την εκτέλεση 3-5 επαναλήψεων. Στη συνέχεια προσθέσαμε 5-10 κιλά (ή 5-10% του βάρους προθέρμανσης) ή 15-20 κιλά (ή 10-20% του βάρους προθέρμανσης) για ασκήσεις του πάνω και κάτω μέρους του σώματος αντίστοιχα. Καταγράψαμε τον αριθμό των μέγιστων διαλειμμάτων και δώσαμε 2 λεπτά διάλειμμα. Υπολογίσαμε τη 1ΜΕ που θα επέτρεπε στον εξεταζόμενο να ολοκληρώσει 1-3ΜΕ και προσθέσαμε 5-10 κιλά (ή 5-10% του βάρους προθέρμανσης) ή 15-20 κιλά (ή 10-20% του βάρους προθέρμανσης) για ασκήσεις του πάνω και κάτω μέρους του σώματος αντίστοιχα. Καταγράψαμε τον αριθμό των μέγιστων διαλειμμάτων και ακολούθησαν 2-4 λεπτά διάλειμμα.

Η επόμενη προσπάθεια έπρεπε να είναι η 1ΜΕ. Προσθέσαμε 5-10 κιλά (ή 5-10% του βάρους της προηγούμενης προσπάθειας) ή 15-20 κιλά (ή 10-20% του βάρους της προηγούμενης προσπάθειας) για ασκήσεις του πάνω και κάτω μέρους του σώματος αντίστοιχα. Το μέγεθος της διαβάθμισης του βάρους εξαρτιόταν από το βάρος που σήκωσε ο ασκούμενος σε κάθε προηγούμενη προσπάθεια. Όταν ο ασκούμενος μπορούσε να σηκώσει το τελευταίο βάρος πάνω από 1 φορά με σωστή τεχνική δώσαμε διάλειμμα 2-4 λεπτών και συνεχίσαμε με μία νέα αύξηση του βάρους. Παρόλα αυτά, η 1ΜΕ έπρεπε να βρεθεί μέσα σε 4 προσπάθειες. Όταν ο εξεταζόμενος χρειαζόταν πάνω από 4 προσπάθειες, η μέτρηση έπρεπε να επαναληφθεί σε επόμενη ημέρα [73].

Μυϊκή αντοχή: Η μυϊκή αντοχή των συμμετεχόντων αξιολογήθηκε με βάση τον αριθμό των επαναλήψεων που επιτύγχαναν σε χρονικό διάστημα ενός λεπτού στις ασκήσεις κοιλιακών ροκανισμάτων και κάμψεων. Για την εκτέλεση των κοιλιακών οι ασκούμενοι τοποθετήθηκαν σε ύπτια θέση με τα γόνατα σε κλίση 90 μοιρών, ενώ τα χέρια τους έρχονταν σε επαφή με το έδαφος. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν οι κάμψεις κορμού με διάρκεια ενός λεπτού. Για την εκτέλεση των κάμψεων οι άντρες τοποθετήθηκαν σε θέση όρθιας σανίδας και πραγματοποίησαν τις κάμψεις, ενώ οι γυναίκες τις εκτέλεσαν με τα γόνατα σε επαφή με το έδαφος [69].

5.7.1. Στατιστική ανάλυση

Στο σχεδιασμό της έρευνας υπήρξαν δύο διαφορετικές συνθήκες και επτά ασκήσεις εκτέλεσης (Plank, Overhead squat, Single-leg squat, Chest press, Back row και Torso rotation) με χρήση αιωρούμενων ιμάντων. Μέσω του Shapiro-Wilk test ($N=10$) ελέγχθηκε και διαπιστώθηκε πως η κανονικότητα των δεδομένων. Χρησιμοποιήθηκε η στατιστική ανάλυση Two way Repeated measures Anova για τον έλεγχο των διαφορών τόσο μεταξύ των συνθηκών (T30 & T45) για κάθε άσκηση, όσο και μεταξύ των επτά ασκήσεων για κάθε συνθήκη. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p<.05$. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του προγράμματος SPSS (IBM SPSS Statistics 23).

6. Αποτελέσματα έρευνας

6.1. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά δείγματος

Πίνακας 1. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά

Ηλικία (έτη)	26,0 ± 3,9
Βάρος (kg)	68,2 ± 15,2
Ύψος (εκ.)	172,0 ± 0,12
ΔΜΣ (kg/m ²)	22,8 ± 0,4
Σωματικό λίπος (%)	24,8 ± 8,15
Άλιπη σωματική μάζα (kg)	46,19 ± 18,65
PMI	0,77 ± 0,7
Vo ₂ max (ml/kg/min)	40,0 ± 4,0
ΜΚΣ (σφ/λεπ.)	194 ± 4
BMP (kcal/ημ)	1583 ± 292

ΔΜΣ, Δείκτης Μάζας Σώματος; PMI, Περιφέρεια Μέσης/Ισχίων; Vo₂max, μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου; ΜΚΣ, Μέγιστη Καρδιακή Συχνότητα; BMP, Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός.

6.2. Ενεργειακή δαπάνη οξειδωτικού συστήματος (Vo₂Cal)

Από την στατιστική ανάλυση παρατηρήθηκε πως υπήρξε διαφορά στον παράγοντα της ενεργειακής δαπάνης κατά την άσκηση (Vo₂Cal) μεταξύ των δύο ομάδων χρονικής διάρκειας εκτέλεσης των ασκήσεων T30 και T45 με $F(1.000, 9.000)=10,618$, $p=0.01$. Αναλυτικά παρατηρήθηκε, πως η Vo₂Cal διέφερε σημαντικά ($P=0.022$) στην άσκηση περιστροφής του κορμού (TR), με την ομάδα T45 (M.O.=2,05 ± 0,7) να εμφανίζει υψηλότερες τιμές σε σχέση με την ομάδα T30 (M.O.=1,43 ± 1,07). Στις υπόλοιπες ασκήσεις δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς την χρονική διάρκεια εκτέλεσης ($p>0.05$).

Για την ομάδα T30 παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ασκήσεων ως προς τον παράγοντα Vo₂Cal με $F(2.268, 20.416)= 3.312$, $p=0.052$. Αναλυτικά βρέθηκε πως για τον παράγοντα Vo₂Cal, υπήρξε σημαντική διαφορά ($P=0.003$) μεταξύ των ασκήσεων σανίδας (P) (M.O.=1,25 ± 0,60) και καθισμάτων με τα χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.=2,02 ± 0,79).

Για την ομάδα T45 παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ασκήσεων ως προς τον παράγοντα Vo₂Cal με $F(2.268, 20.416)= 3.312$, $p=0.05$. Αναλυτικά βρέθηκε πως για τον παράγοντα Vo₂Cal υπήρξε σημαντική διαφορά ($p=0.023$) μεταξύ των ασκήσεων σανίδας (P) (M.O.=1,56 ± 0,94) και καθισμάτων με τα χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.=2,72 ± 1,47), αλλά και μεταξύ των ασκήσεων σανίδας (P) (M.O.=1,56 ± 0,94) και κάθισμα με το ένα πόδι (SS) (M.O.=2,72 ± 1,47) ($p=0.023$), και σανίδας (P) (M.O.=1,56 ± 0,94) με πιέσεις στήθους (CP) (M.O.=2,31 ± 0,97) ($p=0,036$).

Vo2Cal (kcal)	Plank	Overhead squat	Single leg squat	Chest Press	Back Row	Torso Rotation
30 sec	1,25±0,60 ²	2,02±0,79	1,67±0,82	1,61±1,02	1,61±1,02	1,42±1,07
45 sec	1,56±0,93 ^{2,3,4}	2,72±1,47	2,72±1,47	2,31±0,97	1,7±0,99	2,05±0,70 [#]

Πίνακας 1. ¹ Διαφορά από άσκηση Plank; ² διαφορά από άσκηση Overhead Squat; ³διαφορά από άσκηση Single Leg Squat; ⁴διαφορά από άσκηση Chest Press; ⁵διαφορά από άσκηση Back Row; ⁶διαφορά από άσκηση Torso Rotation; # Διαφορά μεταξύ των συνθηκών 30 και 45 sec.

6.3. Ενεργειακή δαπάνη γλυκολυτικού συστήματος (BLcal)

Από την στατιστική ανάλυση παρατηρήθηκε πως υπήρξε διαφορά στον παράγοντα της ενεργειακής δαπάνης του γαλακτικού οξέος κατά την άσκηση (BLCAL) μεταξύ των δύο ομάδων χρονικής διάρκειας εκτέλεσης των ασκήσεων T30 και T45 με $F(1.000, 9.000)=13.123$, $p=0.006$. Αναλυτικά παρατηρήθηκε, πως το BLCAL διέφερε σημαντικά ($p=0.026$) στην άσκηση σανίδας (P), με την ομάδα T45 (M.O.=1,97 ± 0,95) να εμφανίζει υψηλότερες τιμές σε σχέση με την ομάδα T30 (M.O.=1,4 ± 0,61), ενώ για την άσκηση κωπηλατική (BR), στην ομάδα T45 (M.O.=2,75 ± 1,82) παρουσιάστηκαν υψηλότερες τιμές σε σχέση με την ομάδα T30 (M.O.=1,45 ± 0,74) ($p=0,036$). Στις υπόλοιπες ασκήσεις δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς τον χρόνο εκτέλεσης ($p>0.05$).

Τόσο για τις ασκήσεις που εκτελέστηκαν στο χρόνο T30 και όσο για τις ασκήσεις που εκτελέστηκαν στο χρόνο T45 δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ασκήσεων ως προς τον παράγοντα BLCAL με $F(2.336, 21.022)= 2.376$, $p=0.111$.

BLCAL (kcal)	Plank	Overhead squat	Single leg squat	Chest Press	Back Row	Torso Rotation
30 sec	1,40±0,61	1,93±0,67	2,07±1,05	1,45±0,74	1,45±0,74	1,96±0,74
45 sec	1,96±0,94 [#]	2,77±1,24	2,77±1,24	2,18±1,33	2,75±1,82 [#]	1,72±0,70

Πίνακας 2. ¹ Διαφορά από άσκηση Plank; ² διαφορά από άσκηση Overhead Squat; ³διαφορά από άσκηση Single Leg Squat; ⁴διαφορά από άσκηση Chest Press; ⁵διαφορά από άσκηση Back Row; ⁶διαφορά από άσκηση Torso Rotation; # Διαφορά μεταξύ των συνθηκών 30 και 45 sec.

6.4. Ενεργειακή δαπάνη περίσσειας οξυγόνου αποκατάστασης (EPOCcal)

Από την στατιστική ανάλυση παρατηρήθηκε πως υπήρξε διαφορά στον παράγοντα ενεργειακής δαπάνης μετά την άσκηση (EPOCcal) μεταξύ των δύο ομάδων χρονικής διάρκειας

εκτέλεσης των ασκήσεων T30 και T45 με $F(1.000, 9.000)= 5.004, p=0.052$. Αναλυτικά παρατηρήθηκε, πως ο δείκτης EPOC calories διέφερε σημαντικά ($p=0.002$) στην άσκηση κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS), με την ομάδα T45 ($M.O.=6,94 \pm 3,85$) να εμφανίζει υψηλότερες τιμές σε σχέση με την ομάδα T30 ($M.O.=1,94 \pm 0,67$). Στις υπόλοιπες ασκήσεις δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς τον χρόνο εκτέλεσης ($p>0.05$).

Για την ομάδα T30 παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ασκήσεων ως προς τον παράγοντα EPOCcal με $F(5, 45)= 2.565, p=0.04$. Αναλυτικά βρέθηκε πως για τον παράγοντα EPOCcal, υπήρξε σημαντική διαφορά ($p=0.001$) μεταξύ των ασκήσεων κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) ($M.O.=1,94 \pm 0,67$) και κάθισμα με το ένα πόδι (SS) ($M.O.=5,95 \pm 2,77$), αλλά και μεταξύ των ασκήσεων ($p=0.023$) κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) ($M.O.=1,94 \pm 0,67$) και πιέσεις στήθους (CP) ($M.O.=4,27 \pm 2,69$), κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) ($M.O.=1,94 \pm 0,67$) και άσκηση κωπηλατικής (BR) ($M.O.=4,24 \pm 2,75$) ($p=0.033$) και κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) ($M.O.=1,94 \pm 0,67$) με άσκηση περιστροφής κορμού (TR) ($M.O.=4,98 \pm 2,69$) ($p=0.012$).

Για την ομάδα T45 παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ασκήσεων ως προς τον παράγοντα EPOCcal με $F(5, 45)= 2,565, p=0.04$. Αναλυτικά βρέθηκε πως για τον παράγοντα EPOCcal, υπήρξε σημαντική διαφορά ($P=0.025$) μεταξύ των ασκήσεων σανίδας (P) ($M.O.=4,27 \pm 3,23$) και κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) ($M.O.=6,94 \pm 3,85$) αλλά και μεταξύ των ασκήσεων σανίδας (P) ($M.O.=4,27 \pm 3,23$) και κάθισμα με το ένα πόδι (SS) ($M.O.=6,94 \pm 3,85$) ($p=0.025$), κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) ($M.O.=6,94 \pm 3,85$) και άσκηση περιστροφής κορμού (TR) ($M.O.=4,35 \pm 3,68$) ($p=0.006$), κάθισμα με το ένα πόδι (SS) ($M.O.=6,94 \pm 3,85$) και άσκηση περιστροφής κορμού (TR) ($M.O.=4,35 \pm 3,68$) ($p=0,006$) και πιέσεις στήθους (CP) ($M.O.=6,92 \pm 2,41$) και άσκηση κωπηλατικής (BR) ($M.O.=3,83 \pm 1,89$) ($p=0.009$).

EPOCcal (kcal)	Plank	Overhead squat	Single leg squat	Chest Press	Back Row	Torso Rotation
30 sec	4,63 $\pm$ 3,67	1,93 $\pm$ 0,67 ^{3,4,5,6}	5,95 $\pm$ 2,77	4,27 $\pm$ 2,69	4,24 $\pm$ 2,75	4,98 $\pm$ 2,69
45 sec	4,27 $\pm$ 3,23 ^{#,2,3}	6,94 $\pm$ 3,85 ⁶	6,94 $\pm$ 3,85 ⁶	6,92 $\pm$ 2,4 ⁵	3,83 $\pm$ 1,89	4,35 $\pm$ 3,68

Πίνακας 3. ¹ Διαφορά από άσκηση Plank; ² διαφορά από άσκηση Overhead Squat; ³διαφορά από άσκηση Single Leg Squat; ⁴διαφορά από άσκηση Chest Press; ⁵διαφορά από άσκηση Back Row; ⁶διαφορά από άσκηση Torso Rotation; # Διαφορά μεταξύ των συνθηκών 30 και 45 sec.

6.5. Συνολική Ενεργειακή Δαπάνη (TC)

Από την στατιστική ανάλυση παρατηρήθηκε πως υπήρξε διαφορά στον παράγοντα της συνολικής ενεργειακής δαπάνης μετά την άσκηση (TC) μεταξύ των δύο ομάδων χρονικής διάρκειας εκτέλεσης των ασκήσεων T30 και T45 με $F(1.000, 9.000)=13.616$, $p=0.005$. Αναλυτικά παρατηρήθηκε, πως η TC διέφερε σημαντικά ($p=0.033$) στην άσκηση πιέσεων στήθους (CP), με την ομάδα T45 (M.O.=11,51 ± 3,61) να εμφανίζει υψηλότερες τιμές σε σχέση με την ομάδα T30 (M.O.=6,76 ± 3,56). Στις υπόλοιπες ασκήσεις δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς τον χρόνο εκτέλεσης ($p>0.05$).

Για την ομάδα T30 παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ασκήσεων ως προς τον παράγοντα TC με $F(5, 45)= 3.990$, $p=0.004$. Αναλυτικά βρέθηκε πως για τον παράγοντα TC, υπήρξε σημαντική διαφορά ($p=0.041$) μεταξύ των ασκήσεων κάθισμα με τα χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.=10,44 ± 4,35) και άσκηση περιστροφής κορμού (TR) (M.O.=7,03 ± 3,01), αλλά και μεταξύ των ασκήσεων ($p=0.007$) κάθισμα στο ένα πόδι (SS) (M.O.=9,77 ± 3,23) και πιέσεων στήθους (CP) (M.O.=6,76 ± 3,56) και κάθισμα στο ένα πόδι (SS) (M.O.=9,77 ± 3,23) με άσκηση περιστροφής κορμού (TR) (M.O.=7,03 ± 3,01), ($p=0.04$).

Για την ομάδα T45 παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ασκήσεων ως προς τον παράγοντα TC με $F(5, 45)= 3.990$, $p=0.004$. Αναλυτικά βρέθηκε πως για τον παράγοντα TC, υπήρξε σημαντική διαφορά ($p=0.004$) μεταξύ των ασκήσεων σανίδας (P) (M.O.=7,81 ± 4,06) και καθίσματος με χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.=12,45 ± 4,94) αλλά και μεταξύ των ασκήσεων σανίδας (P) (M.O.=7,81 ± 4,06) και κάθισμα στο ένα πόδι (SS) (M.O.=11,56 ± 5,35) ($p=0.011$), κάθισμα με τα χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.=12,45 ± 4,94) και άσκηση περιστροφής κορμού (TR) (M.O.=8,08 ± 4,2) ($p=0.000$), κάθισμα στο ένα πόδι (SS) (M.O.=11,56 ± 5,35) και άσκηση περιστροφής κορμού (TR) (M.O.=8,08 ± 4,2), ($p=0.017$) και πιέσεων στήθους (CP) (M.O.=11,51 ± 3,61) με άσκηση κωπηλατικής (BR) (M.O.=8,29 ± 3,96), ($p=0.019$).

TC	Plank	Overhead squat	Single leg squat	Chest Press	Back Row	Torso Rotation
30 sec	7,71±3,73	10,44±4,35 ⁶	9,77±3,23 ^{4,6}	6,76±3,59	6,65±3,83	7,03±3,01
45 sec	7,81±4,06 ^{2,3}	12,45±4,94 ⁶	11,56±5,35 ⁶	11,51±3,61 ^{#,5}	8,29±3,96	8,08±4,2

Πίνακας 4. ¹ Διαφορά από άσκηση Plank; ² διαφορά από άσκηση Overhead Squat; ³διαφορά από άσκηση Single Leg Squat; ⁴διαφορά από άσκηση Chest Press; ⁵διαφορά από άσκηση Back Row; ⁶διαφορά από άσκηση Torso Rotation; # Διαφορά μεταξύ των συνθηκών 30 και 45 sec.

6.6. Ποσοστιαία μεταβολή γαλακτικού οξέος (BLd)

Από την στατιστική ανάλυση παρατηρήθηκε πως υπήρξε διαφορά στον παράγοντα της ποσοστιαίας μεταβολής του γαλακτικού οξέος μετά την άσκηση (BLd) μεταξύ των δύο ομάδων χρονικής διάρκειας εκτέλεσης των ασκήσεων T30 και T45 με $F(1,000, 9.000)=13.302$, $p=0.005$. Αναλυτικά παρατηρήθηκε, πως η BLd διέφερε σημαντικά ($p=0.04$) στην άσκηση σανίδας (P), με την ομάδα T45 ($M.O.=196,3 \pm 119,26$) να εμφανίζει υψηλότερες τιμές σε σχέση με την ομάδα T30 ($M.O.=136,3 \pm 67,58$). Στις υπόλοιπες ασκήσεις δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς τον χρόνο εκτέλεσης ($p>0.05$).

Για την ομάδα T30 παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ασκήσεων ως προς τον παράγοντα BLd με $F(5,45)= 5.971$, $p=0.000$. Αναλυτικά βρέθηκε πως για τον παράγοντα BLd, υπήρξε σημαντική διαφορά ($P=0.006$) μεταξύ των ασκήσεων κάθισμα με τα χέρια σε ανάταση (OS) ($M.O.=184,19 \pm 72,88$) και περιστροφή κορμού (TR) ($M.O.=103,18 \pm 60,06$), καθώς και μεταξύ των κάθισμα με ένα πόδι (SS) ($M.O.=198,48 \pm 112,76$) και περιστροφής κορμού (TR) ($M.O.=103,18 \pm 60,06$) ($p=0.018$).

Για την ομάδα T45 παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ασκήσεων ως προς τον παράγοντα BLd με $F(5,45)= 5.971$, $p=0.000$. Αναλυτικά βρέθηκε πως για τον παράγοντα BLd, υπήρξε σημαντική διαφορά ($p=0.023$) μεταξύ των ασκήσεων σανίδας (P) ($M.O.=196,3 \pm 119,26$) και περιστροφής κορμού (TR) ($M.O.=75,2 \pm 37,35$) αλλά και μεταξύ των ασκήσεων κάθισμα με τα χέρια σε ανάταση (OS) ($M.O.=262,94 \pm 121,52$) και περιστροφής κορμού (TR) ($M.O.=75,2 \pm 37,35$) ($p=0.000$), κάθισμα με ένα πόδι (SS) ($M.O.=265,72 \pm 114,67$) και περιστροφής κορμού (TR) ($M.O.=75,2 \pm 37,35$) ($p=0.000$), πιέσεις στήθους (CP) ($M.O.=195,23 \pm 106,27$) και περιστροφής κορμού (TR) ($M.O.=75,2 \pm 37,35$) ($p=0.007$) και κωπηλατικής (BR) ($M.O.=244,62 \pm 110,68$) με περιστροφής κορμού (TR) ($M.O.=75,2 \pm 37,35$) ($p=0.002$).

BLd	Plank	Overhead squat	Single leg squat	Chest Press	Back Row	Torso Rotation
30 sec	136 ± 67,5	184 ± 72,88 ⁶	198 ± 112 ⁶	140 ± 92	173 ± 104	103 ± 60
45 sec	196 ± 119,2 [#]	262 ± 121	265 ± 12	195 ± 106	244 ± 110	75 ± 37 ^{1,2,3,4,5}

Πίνακας 5. ¹ Διαφορά από άσκηση Plank; ² διαφορά από άσκηση Overhead Squat; ³διαφορά από άσκηση Single Leg Squat; ⁴διαφορά από άσκηση Chest Press; ⁵διαφορά από άσκηση Back Row; ⁶διαφορά από άσκηση Torso Rotation; # Διαφορά μεταξύ των συνθηκών 30 και 45 sec.

6.7. Ποσοστιαία μεταβολή κατανάλωσης οξυγόνου κατά την άσκηση (VO_{2d})

Από την στατιστική ανάλυση παρατηρήθηκε πως δεν υπήρξε διαφορά στον παράγοντα της ποσοστιαίας μεταβολής της κατανάλωσης οξυγόνου VO_{2d} κατά την άσκηση μεταξύ των δύο ομάδων χρονικής διάρκειας εκτέλεσης των ασκήσεων T30 και T45 με $F(1,000, 9.000)=6.351, p=0,051$.

Για την ομάδα T30 παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ασκήσεων ως προς τον παράγοντα VO_{2d} με $F(5,45)= 8.357, p=0.000$. Αναλυτικά βρέθηκε πως για τον παράγοντα VO_{2d}, υπήρξε σημαντική διαφορά ($p=0.021$) μεταξύ των ασκήσεων σανίδας (P) (M.O.= $327,8 \pm 122,17$) και κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.= $469,7 \pm 123,58$), καθώς και μεταξύ σανίδας (P) (M.O.= $327,8 \pm 122,17$) και κάθισμα με το ένα πόδι (SS) (M.O.= $409 \pm 94,48$) ($p=0,05$), κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.= $469,7 \pm 123,58$) και κωπηλατικής (BR) (M.O.= $239,4 \pm 91,14$) ($p=0.002$), κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.= $469,7 \pm 123,58$) και άσκηση περιστροφής κορμού (TR) (M.O.= $301,5 \pm 100,89$) ($p=0,004$), κάθισμα με το ένα πόδι (SS) (M.O.= $409 \pm 94,48$) και κωπηλατικής (BR) (M.O.= $239,4 \pm 91,14$) ($p=0,002$) και κάθισμα με το ένα πόδι (SS) (M.O.= $409 \pm 94,48$) με άσκηση περιστροφής κορμού (TR) (M.O.= $301,5 \pm 100,89$) ($p=0.012$).

Για την ομάδα T45 παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ασκήσεων ως προς τον παράγοντα VO_{2d} με $F(5,45)= 8.357, p=0.000$. Αναλυτικά βρέθηκε πως για τον παράγοντα VO_{2d}, υπήρξε σημαντική διαφορά ($p=0.048$) μεταξύ των ασκήσεων σανίδας (P) (M.O.= $354,1 \pm 217,62$) και κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.= $570,4 \pm 155,2$), καθώς και μεταξύ των σανίδας (P) (M.O.= $354,1 \pm 217,62$) και Single Leg Squat (M.O.= $490,9 \pm 140,57$) ($p=0,018$), κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.= $570,4 \pm 155,82$) και πιέσεων στήθους (CP) (M.O.= $376,8 \pm 117,01$) ($p=0,034$), κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.= $570,4 \pm 155,82$) και κωπηλατικής (BR) (M.O.= $313,6 \pm 113,81$) ($p=0,007$), κάθισμα με το ένα πόδι (SS) (M.O.= $490,9 \pm 140,57$) και πιέσεων στήθους (CP) (M.O.= $376,8 \pm 117,01$) ($p=0,031$), και κάθισμα με το ένα πόδι (SS) (M.O.= $490,9 \pm 140,57$) με κωπηλατικής (BR) (M.O.= $313,6 \pm 113,81$) ($p=0,004$).

VO _{2d}	Plank	Overhead squat	Single leg squat	Chest Press	Back Row	Torso Rotation
30 sec	$327 \pm 122^{2,3}$	$469 \pm 123^{5,6}$	$409 \pm 9^{5,6}$	318 ± 136	239 ± 91	301 ± 100
45 sec	$354 \pm 217^{2,3}$	$570 \pm 155^{4,5}$	$490 \pm 140^{4,5}$	376 ± 117	313 ± 113	407 ± 189

Πίνακας 6. ¹ Διαφορά από άσκηση Plank; ² διαφορά από άσκηση Overhead Squat; ³διαφορά από άσκηση Single Leg Squat; ⁴διαφορά από άσκηση Chest Press; ⁵διαφορά από άσκηση Back Row; ⁶διαφορά από άσκηση Torso Rotation. # Διαφορά μεταξύ των συνθηκών 30 και 45 sec.

6.8. Καρδιακή συχνότητα ως προς το ποσοστό της μέγιστης (HRd)

Από την στατιστική ανάλυση παρατηρήθηκε πως δεν υπήρξε διαφορά στον παράγοντα της ποσοστιαίας διαφοράς της καρδιακής συχνότητας ως προς τη μέγιστη καρδιακή συχνότητα κατά την άσκηση (HRd) μεταξύ των δύο ομάδων χρονικής διάρκειας εκτέλεσης των ασκήσεων T30 και T45 με $F(1.000, 9.000)=0,491$, $p=0.501$.

Για την ομάδα T30 παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ασκήσεων ως προς τον παράγοντα HRd με $F(5,45)= 6,395$, $p=0.000$. Αναλυτικά βρέθηκε πως για τον παράγοντα HRd, υπήρξε σημαντική διαφορά ($p=0.002$) μεταξύ των ασκήσεων σανίδας (P) (M.O.= $53,4 \pm 7,01$) και κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.= $60,5 \pm 7,5$), καθώς και μεταξύ των σανίδας (P) (M.O.= $53,4 \pm 7,01$) και κάθισμα στο ένα πόδι (SS) (M.O.= $61,7 \pm 9,71$) ($p=0,001$ κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.= $60,5 \pm 7,5$) και πιέσεων στήθους (CP) (M.O.= $53,6 \pm 6,25$) ($p=0,00$), κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.= $60,5 \pm 7,5$) και κωπηλατικής (BR) (M.O.= $56,5 \pm 6,25$) ($p=0,008$), κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.= $60,5 \pm 7,5$) άσκηση περιστροφής κορμού (TR) (M.O.= $53,3 \pm 6,89$) ($p=0,001$), κάθισμα στο ένα πόδι (SS) (M.O.= $61,7 \pm 9,71$) και πιέσεων στήθους (CP) (M.O.= $53,6 \pm 6,25$) ($p=0,002$), κάθισμα στο ένα πόδι (SS) (M.O.= $61,7 \pm 9,71$) και κωπηλατικής (BR) (M.O.= $56,5 \pm 6,25$) ($p=0,019$) και κάθισμα στο ένα πόδι (SS) (M.O.= $61,7 \pm 9,71$) με άσκηση περιστροφής κορμού (TR) (M.O.= $53,3 \pm 6,89$) ($p=0,011$).

Για την ομάδα T45 παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ασκήσεων ως προς τον παράγοντα HRd με $F(5,45)= 6,395$, $p=0.000$. Αναλυτικά βρέθηκε πως για τον παράγοντα HRd, υπήρξε σημαντική διαφορά ($p=0.024$) μεταξύ των ασκήσεων σανίδας (P) (M.O.= $51,1 \pm 7,09$) και κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.= $58,7 \pm 4,96$), καθώς και μεταξύ των σανίδας (P) (M.O.= $51,1 \pm 7,09$) και κάθισμα στο ένα πόδι (SS) (M.O.= $58,8 \pm 7,37$) ($p=0,028$) και κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.= $58,7 \pm 4,96$) με άσκηση περιστροφής κορμού (TR) (M.O.= $53,7 \pm 4,96$) ($p=0,036$).

HRd	Plank	Overhead squat	Single leg squat	Chest Press	Back Row	Torso Rotation
30 sec	$53 \pm 7^{2,3}$	$60 \pm 7^{4,5,6}$	$61 \pm 9^{4,5,6}$	53 ± 6	56 ± 6	53 ± 6
45 sec	$51 \pm 7^{2,3}$	58 ± 4^6	58 ± 7	55 ± 7	56 ± 9	53 ± 9

Πίνακας 7. ¹ Διαφορά από άσκηση Plank; ² διαφορά από άσκηση Overhead Squat; ³διαφορά από άσκηση Single Leg Squat; ⁴διαφορά από άσκηση Chest Press; ⁵διαφορά από άσκηση Back Row; ⁶διαφορά από άσκηση Torso Rotation; # Διαφορά μεταξύ των συνθηκών 30 και 45 sec.

6.9. Μέση καρδιακή συχνότητα της άσκησης (mHR)

Από την στατιστική ανάλυση παρατηρήθηκε πως δεν υπήρξε διαφορά στον παράγοντα της μέσης καρδιακής συχνότητας κατά την άσκηση (mHR) μεταξύ των δύο ομάδων χρονικής διάρκειας εκτέλεσης των ασκήσεων T30 και T45 με $F(1.000, 9.000)=0,235$, $p=0.640$.

Για την ομάδα T30 παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ασκήσεων ως προς τον παράγοντα mHR με $F(2.221,19.989)= 3,327$, $p=0.052$. Αναλυτικά βρέθηκε πως για τον παράγοντα mHR, υπήρξε σημαντική διαφορά ($p=0.002$) μεταξύ των ασκήσεων σανίδας (P) (M.O.=103,4 ± 13,93) και κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.=117,2 ± 14,36), καθώς και μεταξύ των σανίδας (P) (M.O.=103,4 ± 13,93) και κάθισμα με το ένα πόδι (SS) (M.O.=119,7 ± 18,87) ($p=0.001$), κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.=117,2 ± 14,36) και πιέσεων στήθους (CP) (M.O.=104 ± 12,41) ($p=0.00$), κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.=117,2 ± 14,36) και άσκηση περιστροφής κορμού (TR) (M.O.=101,2 ± 17,78) ($p=0.004$ κάθισμα με το ένα πόδι (SS) (M.O.=119,7 ± 18,87) και πιέσεων στήθους (CP) (M.O.=104 ± 12,41) ($p=0.002$) και κάθισμα με το ένα πόδι (SS) Squat (M.O.=119,7 ± 18,87) με άσκηση περιστροφής κορμού (TR) (M.O.=101,2 ± 17,78) ($p=0.018$).

Για την ομάδα T45 παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ασκήσεων ως προς τον παράγοντα mHR με $F(2.221,19.989)= 3.327$, $p=0.05$. Αναλυτικά βρέθηκε πως για τον παράγοντα mHR, υπήρξε σημαντική διαφορά ($p=0.027$) μεταξύ των ασκήσεων σανίδας (P) (M.O.=99,15 ± 13,95) και κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.=113,5 ± 9,87), καθώς και μεταξύ των σανίδας (P) (M.O.=99,15 ± 13,95) και κάθισμα με το ένα πόδι (SS) (M.O.=114,1 ± 15,21) ($p=0,027$) και κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.=113,5 ± 9,87) με άσκηση περιστροφής κορμού (TR) (M.O.=104,1 ± 10,32) ($p=0.049$).

mHR	Plank	Overhead squat	Single leg squat	Chest Press	Back Row	Torso Rotation
30 sec	103 ± 13 ^{2,3}	117 ± 14 ^{4,6}	119 ± 18 ^{4,6}	104 ± 12	109 ± 12	101 ± 17
45 sec	99 ± 13 ^{2,3}	113 ± 9 ⁶	114 ± 15	108 ± 13	105 ± 18	104 ± 10

Πίνακας 8. ¹ Διαφορά από άσκηση Plank; ² διαφορά από άσκηση Overhead Squat; ³διαφορά από άσκηση Single Leg Squat; ⁴διαφορά από άσκηση Chest Press; ⁵διαφορά από άσκηση Back Row; ⁶διαφορά από άσκηση Torso Rotation; # Διαφορά μεταξύ των συνθηκών 30 και 45 sec.

6.10. Μέση κατανάλωση οξυγόνου κατά την άσκηση (mVO_2)

Από την στατιστική ανάλυση παρατηρήθηκε πως δεν υπήρξε διαφορά στον παράγοντα του μέσου όρου της κατανάλωσης οξυγόνου κατά την άσκηση (mVO_2) μεταξύ των δύο ομάδων χρονικής διάρκειας εκτέλεσης των ασκήσεων T30 και T45 με $F(1.000, 9.000)=0.186$, $p=0.676$.

Για την ομάδα T30 παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ασκήσεων ως προς τον παράγοντα mVO_2 με $F(5,45)= 4,082$, $p=0.004$. Αναλυτικά βρέθηκε πως για τον παράγοντα mVO_2 , υπήρξε σημαντική διαφορά ($p=0.041$) μεταξύ των ασκήσεων σανίδα (P) (M.O.= $9,89 \pm 3,51$) και κάθισμα με τα χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.= $12,51 \pm 5,46$), καθώς και μεταξύ των καθίσματος με το ένα πόδι (SS) (M.O.= $12,75 \pm 4,33$) και κωπηλατικής (BR) (M.O.= $9,43 \pm 2,6$) ($p=0,048$).

Για την ομάδα T45 παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ασκήσεων ως προς τον παράγοντα mVO_2 με $F(5,45)= 4.082$, $p=0.004$. Αναλυτικά βρέθηκε πως για τον παράγοντα mVO_2 , υπήρξε σημαντική διαφορά ($p=0.000$) μεταξύ των ασκήσεων σανίδα (P) (M.O.= $9,44 \pm 2,66$) και κάθισμα με τα χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.= $13,08 \pm 1,69$), καθώς και μεταξύ των σανίδα (P) (M.O.= $9,44 \pm 2,66$) και καθίσματος με το ένα πόδι (SS) (M.O.= $13,03 \pm 2,04$) ($p=0,000$), κάθισμα με τα χέρια σε ανάταση (OS) (M.O.= $13,08 \pm 1,69$) και κωπηλατικής (BR) (M.O.= $9,53 \pm 2,89$) ($p=0,004$), καθίσματος με το ένα πόδι (SS) (M.O.= $13,03 \pm 2,04$) και κωπηλατικής (BR) (M.O.= $9,53 \pm 2,89$) ($p=0,011$), καθίσματος με το ένα πόδι (SS) (M.O.= $13,03 \pm 2,04$) και περιστροφής κορμού (TR) (M.O.= $11,39 \pm 2,4$) ($p=0,037$) και πιέσεων στήθους (CP) (M.O.= $12,3 \pm 4,25$) με κωπηλατική (BR) (M.O.= $9,53 \pm 2,89$) ($p=0,047$).

mVO_2	Plank	Overhead squat	Single leg squat	Chest Press	Back Row	Torso Rotation
30 sec	$9,89 \pm 3,51^2$	$12,51 \pm 5,46$	$12,75 \pm 4,33^5$	$11,51 \pm 4,59$	$9,43 \pm 2,6$	$10,86 \pm 5,03$
45 sec	$9,44 \pm 2,66^{2,3}$	$13,08 \pm 1,69^5$	$13,03 \pm 2,04^{5,6}$	$12,3 \pm 4,25^5$	$9,53 \pm 2,89$	$11,39 \pm 2,4$

Πίνακας 9. ¹ Διαφορά από άσκηση Plank; ² διαφορά από άσκηση Overhead Squat; ³διαφορά από άσκηση Single Leg Squat; ⁴διαφορά από άσκηση Chest Press; ⁵διαφορά από άσκηση Back Row; ⁶διαφορά από άσκηση Torso Rotation; # Διαφορά μεταξύ των συνθηκών 30 και 45 sec.

7. Συζήτηση

Η παρούσα μελέτη είχε ως στόχο να εξετάσει τις μεταβολές της ενεργειακής δαπάνης και της έντασης κατά την εκτέλεση έξι ασκήσεων διαφορετικών προτύπων κίνησης (σανίδα, κάθισμα με χέρια πάνω από το κεφάλι, κάθισμα με ένα πόδι, πιέσεις στήθους, κωπηλατική και περιστροφή κορμού), καθώς και τις μεταβολές της ενεργειακής δαπάνης μεταξύ της διάρκειας

των παραπάνω ασκήσεων, δηλαδή 30 και 45 δευτερόλεπτα αντίστοιχα. Εκτός από την ενεργειακή δαπάνη, η μελέτη αξιολόγησε και άλλους δείκτες της έντασης της άσκησης, συμπεριλαμβανομένης της κατανάλωσης θερμίδων μετά την άσκηση, των αναερόβιων θερμίδων, των αερόβιων θερμίδων και των συνολικών θερμίδων. Οι πληροφορίες αυτές είναι σημαντικές για τον προσδιορισμό των ενεργειακών απαιτήσεων και των φυσιολογικών απαιτήσεων των εν λόγω ασκήσεων και μπορούν να βοηθήσουν στην καθοδήγηση του προγραμματισμού και της συνταγογράφησης ασκήσεων για άτομα που επιδιώκουν να βελτιώσουν τα επίπεδα φυσικής τους κατάστασης.

Για τον προσδιορισμό της ενεργειακής δαπάνης μετά την άσκηση χρησιμοποιήθηκαν οι εξής εξισώσεις: ΕΔ περίσσεια οξυγόνου αποκατάστασης: $VO_{2EPOC} - VO_{2ηρεμίας} = VO_2$ [75,76]. Από τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε ότι υπάρχουν διαφορές στην ενεργειακή δαπάνη μετά την άσκηση για την άσκηση κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) μεταξύ των πρωτοκόλλων T30 και T45. Επιπλέον, οι ασκήσεις κάθισμα στο ένα πόδι (SS) και κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) παρουσιάζουν μεγαλύτερη ενεργειακή δαπάνη μετά την άσκηση με αμέσως επόμενη την περιστροφή κορμού σε σχέση με τις υπόλοιπες ασκήσεις. Τα παραπάνω δεδομένα είναι πιθανό να εμφανίζονται καθώς για την εκτέλεση των συγκεκριμένων ασκήσεων χρησιμοποιούνται μεγαλύτερες αλλά και περισσότερες μυϊκές ομάδες. Για την σωστή εκτέλεση της τεχνικής στην άσκηση κάθισμα στο ένα πόδι (SS) απαιτείται και η συμβολή των κοιλιακών μυών προκειμένου να επιτευχθεί η ισορροπία.

Όσον αφορά την ενεργειακή δαπάνη του αερόβιου συστήματος χρησιμοποιήθηκαν οι εξισώσεις: , ΕΔ οξειδωτικού συστήματος: $VO_{2άσκησης} - VO_{2ηρεμίας} = VO_2$, $1 LO_2 = 21,1 kJ$ [75,76]. Παρατηρήθηκε ότι υπάρχουν διαφορές στην ενεργειακή δαπάνη για την άσκηση περιστροφή κορμού (TR) μεταξύ των πρωτοκόλλων T30 και T45. Κυρίαρχο ρόλο στην ενεργειακή δαπάνη φαίνεται να έχουν οι ασκήσεις κάθισμα στο ένα πόδι (SS) και κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ασκήσεις. Προκύπτει λοιπόν το συμπέρασμα ότι οι ασκήσεις με έμφαση στο κάτω μέρος του σώματος με ομόκεντρη σύσπαση παρουσιάζουν μεγαλύτερη ενεργειακή δαπάνη στο αερόβιο σύστημα σε σχέση με τις υπόλοιπες ασκήσεις του άνω μέρος του σώματος και κορμού με ισομετρική σύσπαση [76,77].

Στο αναερόβιο σύστημα χρησιμοποιήθηκαν οι εξισώσεις: ΕΔ γλυκολυτικού συστήματος: $\Delta lac(mmoll) = Lac_{post} - Lac_{pre}$, $\Delta lac(mmoll) \times Body\ weight(kg) \times 3.0 (ml\ O_2) = ml\ O_2$, $1 L\ O_2 = 21,1 kJ$ [75,76]. Οι ασκήσεις σανίδα (P) και κωπηλατική (BR) παρουσίασαν διαφορές στην ενεργειακή τους δαπάνη μεταξύ των πρωτοκόλλων T30 και T45. Το συμπέρασμα που απορρέει από τα παραπάνω ευρήματα είναι ότι η ισομετρική άσκηση σανίδα (P) που απαιτεί μεγαλύτερη ενεργοποίηση των κοιλιακών μυών φαίνεται να έχει μεγαλύτερη ενεργειακή δαπάνη στο πρωτόκολλο των 45 δευτερολέπτων σε σχέση με το πρωτόκολλο των 30 δευτερολέπτων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι κοιλιακοί μύες αποτελούνται κυρίως

από μυϊκές ίνες βραδείας συστολής και συμμετέχουν σε ασκήσεις που απαιτούν μεγαλύτερη διάρκεια και μικρότερη ένταση, με τη χρονική διάρκεια των ασκήσεων να φαίνεται να επηρεάζει την άσκηση. Σημαντικές διαφορές παρουσιάζει και η άσκηση κωπηλατική (BR) μεταξύ των T30 και T45, λόγω των μεγάλων και πολλών μυϊκών ομάδων της πλάτης που συμμετέχουν για την εκτέλεση της άσκησης αλλά και των πιο μικρών μυϊκών ομάδων των άνω άκρων που δεν έχουν την ίδια αντοχή στην κόπωση. Μεταξύ των ασκήσεων, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στην ενεργειακή δαπάνη του αναερόβιου συστήματος, διότι οι ασκήσεις δεν προκάλεσαν μεγάλη παραγωγή γαλακτικού οξέος. Τα αποτελέσματα μελέτης που εξέτασε την ενεργειακή δαπάνη του αερόβιου και αναερόβιου συστήματος, καθώς και την ενεργειακή δαπάνη μετά την άσκηση της μυϊκής αντοχής και δύναμης με ένα σετ πιέσεων στήθους στον πάγκο, με λήψη γαλακτικού οξέος σε παρόμοιες χρονικές περιόδους και χρήση των ίδιων εξισώσεων για τον προσδιορισμό της ενεργειακής δαπάνης έδειξαν πως η ενεργειακή δαπάνη του αναερόβιου συστήματος με ένταση 56% του 1RM ήταν μεγαλύτερη της ενεργειακής δαπάνης μετά την άσκηση. Επιπλέον, το άθροισμα της ενεργειακής δαπάνης του αναερόβιου συστήματος και της δαπάνης μετά την άσκηση ήταν μεγαλύτερο από αυτή του αερόβιου συστήματος [76].

Όσον αφορά τη συνολική ενεργειακή δαπάνη χρησιμοποιήθηκαν οι εξισώσεις: Συνολική ΕΔ δραστηριότητας/άσκησης = ΕΔ οξειδωτικού συστήματος + ΕΔ γλυκολυτικού συστήματος + ΕΔ περίσσεια οξυγόνου αποκατάστασης, [76,77]. Παρατηρήθηκε ότι υπάρχουν διαφορές στην ενεργειακή δαπάνη για την άσκηση πιέσεων στήθους (CP) μεταξύ των πρωτοκόλλων T30 και T45, λόγω μικρής μυϊκής ομάδας και μικρής μυϊκής αντοχής. Οι ασκήσεις κάθισμα στο ένα πόδι (SS) και κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) παρουσιάζουν μεγαλύτερη συνολική ενεργειακή δαπάνη με αμέσως επόμενη την περιστροφή κορμού (TR) σε σχέση με τις υπόλοιπες για το T30, ενώ οι πιέσεις στήθους (CP) επηρεασμένη από τη χρονική διάρκεια αύξησε τη συνολική της ενεργειακή δαπάνη στο T45. Αυτό παρατηρείται διότι για την επίτευξη των συγκεκριμένων ασκήσεων χρησιμοποιήθηκαν μεγαλύτερες αλλά και περισσότερες μυϊκές ομάδες. Για την σωστή εκτέλεση της τεχνικής στην άσκηση κάθισμα στο ένα πόδι (SS) απαιτείται και η συμβολή των κοιλιακών μυών προκειμένου να επιτευχθεί η ισορροπία.

Τα αποτελέσματα της μελέτης υπέδειξαν διαφορές και στις ποσοστιαίες μεταβολές του γαλακτικού οξέος (BLd), της πρόσληψης οξυγόνου (VO_2d) και της καρδιακής συχνότητας σε σχέση με τη μέγιστη καρδιακή συχνότητα (HRd). Κυρίαρχες ασκήσεις στις διαφορές που παρατηρήθηκαν σε αυτές τις ποσοστιαίες μεταβολές ήταν οι ασκήσεις κάθισμα στο ένα πόδι (SS) και κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS). Ο αριθμός των μυϊκών ομάδων αλλά και το μέγεθός τους φαίνεται να παίζουν σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή δαπάνη. Αντιθέτως, η μεγαλύτερη χρονική διάρκεια εκτέλεσης των ασκήσεων φαίνεται να μην επηρεάζει καθόλου

την ποσοστιαία μεταβολή στις ασκήσεις αυτές. Επιπλέον, οι ασκήσεις που προκάλεσαν την μικρότερη αύξηση της καρδιακής συχνότητας κυμάνθηκαν σε ποσοστό 50-65% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας. Τα αποτελέσματα στη μελέτη των Conceição et al. συνεχόμενης άσκησης για 30 λεπτά με παρόμοια χρονική λήψη γαλακτικού οξέος και χρήση των ίδιων εξισώσεων για τον προσδιορισμό της ενεργειακής δαπάνης, έδειξαν πως οι ασκήσεις χαμηλής έντασης αυξάνουν την ενεργειακή δαπάνη του αερόβιου και του αναερόβιου συστήματος, τη συνολική ενεργειακή δαπάνη και τις καρδιοαναπνευστικές αποκρίσεις σε περιορισμένο βαθμό [78].

Τέλος, αξιολογήθηκαν και οι μέσοι όροι της καρδιακής συχνότητας (mHR) και της πρόσληψης οξυγόνου (mVO₂). Το μέγεθος και ο αριθμός των μυϊκών ομάδων επηρέασε και σε αυτήν την περίπτωση την καρδιοαναπνευστική λειτουργία, διότι όσο μεγαλύτερη είναι η μυϊκή ομάδα, τόσο περισσότερο οξυγόνο χρειάζεται για να πραγματοποιηθεί η σύσπαση. Συνεπώς, οι ασκήσεις κάθισμα στο ένα πόδι (SS) και κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) παρουσιάζουν μεγαλύτερη καρδιοαναπνευστική κόπωση κατά την εκτέλεση της άσκησης συγκριτικά με τις υπόλοιπες ασκήσεις. Η χρονική διάρκεια φαίνεται και εδώ να μην επηρεάζει την κατανάλωση οξυγόνου και την καρδιακή συχνότητα με αποτέλεσμα να μην εμφανίζονται διαφορές μεταξύ των πρωτοκόλλων T30 και T45.

Συμπερασματικά, οι ασκήσεις κάθισμα στο ένα πόδι (SS) και κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) παρουσιάζουν μεγαλύτερη ενεργειακή δαπάνη (συνολική, μετά την άσκηση, αερόβιου και αναερόβιου συστήματος), μεγαλύτερη καρδιοαναπνευστική και μυϊκή κόπωση κατά την εκτέλεσή τους (υψηλότερη κατανάλωση οξυγόνου, αύξηση καρδιακής συχνότητας) και μεγαλύτερες ποσοστιαίες μεταβολές σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας τους στο γαλακτικό οξύ, την πρόσληψη οξυγόνου και την καρδιακή συχνότητα. Επιπλέον, η άσκηση κάθισμα στο ένα πόδι (SS) δεν επηρεάζεται από τη χρονική διάρκεια των 45 δευτερολέπτων σε αντίθεση με την άσκηση κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) στην ενεργειακή δαπάνη μετά την άσκηση.

Η άσκηση πιέσεων στήθους (CP) παρουσιάζει διαφορά στο T30 και T45 στη συνολική ενεργειακή δαπάνη και προκαλεί μέτρια ενεργειακή δαπάνη στο αερόβιο και αναερόβιο σύστημα και στην ενεργειακή δαπάνη μετά την άσκηση. Επιπλέον, επηρεάζει σε μικρό βαθμό την ποσοστιαία μεταβολή στο T45 του γαλακτικού οξέος και της πρόσληψης οξυγόνου και την ποσοστιαία μεταβολή στο T30 της καρδιακής συχνότητας σε σχέση με τη μέγιστη και της μέσης καρδιακής συχνότητας, προκαλώντας μέτρια καρδιοαναπνευστική και μυϊκή κόπωση.

Η άσκηση κωπηλατική (BR) παρουσιάζει διαφορά στο T30 και T45 στην ενεργειακή δαπάνη του αναερόβιου συστήματος και προκαλεί μέτρια συνολική ενεργειακή δαπάνη, στο αερόβιο και αναερόβιο σύστημα και στην ενεργειακή δαπάνη μετά την άσκηση. Επιπλέον, επηρεάζει σε μικρό βαθμό την ποσοστιαία μεταβολή του γαλακτικού οξέος, της πρόσληψης οξυγόνου και την ποσοστιαία μεταβολή της καρδιακής συχνότητας σε σχέση με τη μέγιστη, προκαλώντας κυρίως μέτρια μυϊκή κόπωση και λιγότερο καρδιοαναπνευστική.

Η άσκηση σανίδα (P) παρουσιάζει διαφορά στο T30 και T45 στην ενεργειακή δαπάνη και στην ποσοστιαία μεταβολή του αναερόβιου συστήματος και προκαλεί μικρή ενεργειακή δαπάνη συνολική, στο αερόβιο και αναερόβιο σύστημα και στην ενεργειακή δαπάνη μετά την άσκηση, κυρίως στο T45. Επιπλέον, επηρεάζει σε μικρό βαθμό τις ποσοστιαίες μεταβολές του γαλακτικού οξέος, της πρόσληψης οξυγόνου και την ποσοστιαία μεταβολή της καρδιακής συχνότητας σε σχέση με τη μέγιστη, προκαλώντας κυρίως μικρή μυϊκή κόπωση και λιγότερο καρδιοαναπνευστική.

Η άσκηση περιστροφή κορμού (TR) παρουσιάζει διαφορά στο T30 και T45 στην ενεργειακή δαπάνη του αερόβιου συστήματος και προκαλεί αρκετά μικρή συνολική ενεργειακή δαπάνη, κυρίως στο T30. Επιπλέον, επηρεάζει σε μικρό βαθμό τις ποσοστιαίες μεταβολές του γαλακτικού οξέος, της πρόσληψης οξυγόνου και την ποσοστιαία μεταβολή της καρδιακής συχνότητας σε σχέση με τη μέγιστη, προκαλώντας κυρίως μικρή καρδιοαναπνευστική κόπωση και σχεδόν καθόλου μυϊκή.

Όσον αφορά την ενεργειακή δαπάνη, η παρούσα μελέτη είχε ως στόχο να αξιολογήσει τις μεταβολές της ενεργειακής δαπάνης κατά την εκτέλεση έξι ασκήσεων διαφορετικών κινητικών προτύπων (σανίδα, κάθισμα με χέρια σε ανάταση, κάθισμα με ένα πόδι, πιέσεις στήθους, κωπηλατική και περιστροφή του κορμού) με διάρκεια 30 και 45 δευτερολέπτων. Η μελέτη διαπίστωσε ότι οι ασκήσεις κάθισμα με ένα πόδι (SS) και κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS), παρουσίασαν υψηλότερη ενεργειακή δαπάνη (συνολική, μετά την άσκηση, αερόβια και αναερόβια) σε σύγκριση με τις άλλες ασκήσεις. Επιπλέον, η άσκηση πιέσεων στήθους (CP) παρουσίασε διαφορά στη συνολική ενεργειακή δαπάνη μεταξύ των πρωτοκόλλων T30 και T45. Εν τω μεταξύ, η άσκηση κωπηλατική (BR) είχε μέτρια συνολική ενεργειακή δαπάνη και οι ασκήσεις σανίδα (P) και περιστροφή κορμού (TR) παρουσίασαν συνολικά μικρή ενεργειακή δαπάνη.

Σχετικά με την ένταση της άσκησης, η μελέτη αξιολόγησε επίσης άλλους δείκτες έντασης της άσκησης, συμπεριλαμβανομένης της κατανάλωσης θερμίδων μετά την άσκηση, των αναερόβιων θερμίδων, των αερόβιων θερμίδων και των συνολικών θερμίδων. Η μελέτη διαπίστωσε ότι οι ασκήσεις κάθισμα στο ένα πόδι (SS) και κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS), είχαν κυρίαρχο ρόλο στην ενεργειακή δαπάνη σε σύγκριση με άλλες ασκήσεις του άνω μέρους του σώματος και του κορμού. Η άσκηση σανίδα (P) είχε μεγαλύτερη ενεργειακή δαπάνη στο πρωτόκολλο T45 σε σύγκριση με το πρωτόκολλο T30, ενώ η άσκηση κωπηλατική (BR) είχε διαφορές στην ενεργειακή δαπάνη μεταξύ των πρωτοκόλλων T30 και T45. Επιπλέον, η άσκηση πιέσεων στήθους (CP) προκάλεσε μέτρια ενεργειακή δαπάνη στο αερόβιο και αναερόβιο σύστημα και στην ενεργειακή δαπάνη μετά την άσκηση.

Αναφορικά με τους δείκτες ποσοστιαίας μεταβολής η μελέτη διαπίστωσε ότι οι ασκήσεις κάθισμα στο ένα πόδι (SS) και κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) παρουσίασαν μεγαλύτερη καρδιοαναπνευστική και μυϊκή κόπωση κατά τη διάρκεια της εκτέλεσής τους, όπως

υποδεικνύεται από την υψηλότερη κατανάλωση οξυγόνου, τον αυξημένο καρδιακό ρυθμό και τις μεγαλύτερες ποσοστιαίες μεταβολές του γαλακτικού οξέος, της πρόσληψης οξυγόνου και του καρδιακού ρυθμού σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας. Η μελέτη διαπίστωσε επίσης ότι η άσκηση πιέσεων στήθους (CP) είχε μέτρια επίδραση στην ποσοστιαία μεταβολή του γαλακτικού οξέος, στην πρόσληψη οξυγόνου και στην ποσοστιαία μεταβολή της καρδιακής συχνότητας σε σχέση με τη μέγιστη και τη μέση καρδιακή συχνότητα, προκαλώντας κυρίως μέτρια καρδιοαναπνευστική και μυϊκή κόπωση. Η άσκηση κωπηλατική (BR) προκάλεσε κυρίως μέτρια μυϊκή κόπωση και λιγότερη καρδιοαναπνευστική κόπωση. Αντίθετα, οι ασκήσεις σανίδα (P) και περιστροφή κορμού (TR) έδειξαν μικρή επίδραση στους δείκτες ποσοστιαίας μεταβολής.

8. Συμπεράσματα

Η παρούσα μελέτη αποσκοπούσε στη διερεύνηση των διακυμάνσεων της ενεργειακής δαπάνης και της έντασης κατά την εκτέλεση έξι ασκήσεων με διαφορετικά κινητικά πρότυπα (σανίδα, κάθισμα με χέρια σε ανάταση, κάθισμα με ένα πόδι, πιέσεις στήθους, κωπηλατική και περιστροφή του κορμού), καθώς και των διακυμάνσεων της ενεργειακής δαπάνης μεταξύ των διαρκειών αυτών των ασκήσεων (30 και 45 δευτερόλεπτα). Εκτός από την ενεργειακή δαπάνη, αξιολογήθηκαν και άλλοι δείκτες της έντασης της άσκησης, όπως η κατανάλωση θερμίδων μετά την άσκηση, οι αναερόβιες θερμίδες, οι αερόβιες θερμίδες και οι συνολικές θερμίδες.

Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι οι ασκήσεις κάθισμα στο ένα πόδι (SS) και κάθισμα με χέρια σε ανάταση (OS) παρουσιάζουν υψηλότερη ενεργειακή δαπάνη όσον αφορά τις συνολικές, τις μετά την άσκηση, τις αερόβιες και τις αναερόβιες θερμίδες, καθώς και μεγαλύτερη καρδιοαναπνευστική και μυϊκή κόπωση κατά την εκτέλεσή τους, όπως αποδεικνύεται από την υψηλότερη κατανάλωση οξυγόνου και την αύξηση του καρδιακού ρυθμού. Τα ευρήματα αυτά υποδηλώνουν ότι οι ασκήσεις που ενεργοποιούν το κάτω μέρος του σώματος με ομόκεντρες συσπάσεις μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα υψηλότερη ενεργειακή δαπάνη στο αερόβιο σύστημα σε σύγκριση με τις ασκήσεις που ενεργοποιούν το άνω μέρος του σώματος και του κορμού με ισομετρικές συσπάσεις. Επιπλέον, αυτές οι ασκήσεις μπορεί να είναι πιο αποτελεσματικές στην προώθηση της απώλειας βάρους και στη βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας.

Η άσκηση πιέσεων στήθους (CP) παρουσίασε διαφορά στη συνολική ενεργειακή δαπάνη και προκάλεσε μέτρια ενεργειακή δαπάνη τόσο στο αερόβιο όσο και στο αναερόβιο σύστημα και ενεργειακή δαπάνη μετά την άσκηση. Επηρέασε επίσης ελαφρώς την ποσοστιαία μεταβολή της πρόσληψης γαλακτικού οξέος και οξυγόνου και την ποσοστιαία μεταβολή της καρδιακής συχνότητας σε σχέση με τη μέγιστη και τη μέση καρδιακή συχνότητα, προκαλώντας μέτρια

καρδιοαναπνευστική και μυϊκή κόπωση. Αυτά τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι η άσκηση πιέσεων στήθους (CP) μπορεί να είναι αποτελεσματική στην προώθηση της μυϊκής ανάπτυξης και στη βελτίωση της μυϊκής αντοχής, αλλά μπορεί να μην είναι εξίσου αποτελεσματική για την προώθηση της απώλειας βάρους και τη βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας.

Η άσκηση κωπηλατική (BR) έδειξε διαφορά στην ενεργειακή δαπάνη του αναερόβιου συστήματος και προκάλεσε μέτρια συνολική, αερόβια και αναερόβια ενεργειακή δαπάνη του συστήματος και ενεργειακή δαπάνη μετά την άσκηση. Είχε επίσης μικρή επίδραση στην ποσοστιαία μεταβολή του γαλακτικού οξέος, στην πρόσληψη οξυγόνου και στην ποσοστιαία μεταβολή της καρδιακής συχνότητας σε σχέση με τη μέγιστη, προκαλώντας κυρίως μέτρια μυϊκή κόπωση και λιγότερη καρδιοαναπνευστική κόπωση. Αυτά τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι η άσκηση κωπηλατική (BR) μπορεί να είναι αποτελεσματική στην προώθηση της μυϊκής ανάπτυξης και στη βελτίωση της μυϊκής αντοχής, αλλά μπορεί να μην είναι εξίσου αποτελεσματική για την προώθηση της απώλειας βάρους και τη βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας.

Η άσκηση σανίδα (P) παρουσίασε διαφορά στην ενεργειακή δαπάνη και την ποσοστιαία μεταβολή στο αναερόβιο σύστημα και προκάλεσε μικρή ενεργειακή δαπάνη συνολικά στο αερόβιο και αναερόβιο σύστημα και στην ενεργειακή δαπάνη μετά την άσκηση, κυρίως στα 45 δευτερόλεπτα. Είχε επίσης μικρή επίδραση στις ποσοστιαίες μεταβολές του γαλακτικού οξέος, της πρόσληψης οξυγόνου και της ποσοστιαίας μεταβολής της καρδιακής συχνότητας σε σχέση με τη μέγιστη, προκαλώντας κυρίως μέτρια μυϊκή κόπωση και λιγότερη καρδιοαναπνευστική κόπωση. Τα ευρήματα αυτά υποδηλώνουν ότι η άσκηση με σανίδα μπορεί να είναι αποτελεσματική στη βελτίωση της δύναμης και της σταθερότητας του πυρήνα, αλλά μπορεί να μην είναι τόσο αποτελεσματική για την προώθηση της απώλειας βάρους και τη βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας.

Η άσκηση περιστροφή κορμού (TR) έδειξε διαφορά στην αερόβια ενεργειακή δαπάνη και προκάλεσε αρκετά μικρή συνολική ενεργειακή δαπάνη, κυρίως στα 30 δευτερόλεπτα. Είχε επίσης μικρή επίδραση στις ποσοστιαίες μεταβολές του γαλακτικού οξέος, της πρόσληψης οξυγόνου και της ποσοστιαίας μεταβολής της καρδιακής συχνότητας σε σχέση με τη μέγιστη, προκαλώντας κυρίως μικρή καρδιοαναπνευστική κόπωση και σχεδόν καθόλου μυϊκή κόπωση. Αυτά τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι η άσκηση περιστροφή κορμού (TR) μπορεί να είναι αποτελεσματική στη βελτίωση της δύναμης του κορμού και της περιστροφικής ισχύος, αλλά μπορεί να μην είναι τόσο αποτελεσματική για την προώθηση της απώλειας βάρους και τη βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας.

Η μελέτη εξέτασε μόνο έξι ασκήσεις, οπότε είναι πιθανό άλλες ασκήσεις να διαμορφώνουν με διαφορετικό τρόπο την ενεργειακή δαπάνη και το προφίλ έντασης. Μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να αντιμετωπίσουν αυτούς τους περιορισμούς με τη διεξαγωγή μελετών μεγαλύτερης κλίμακας και την εξέταση ενός ευρύτερου φάσματος

ασκήσεων. Μπορεί επίσης να είναι χρήσιμο να διερευνηθούν οι επιδράσεις της έντασης και της διάρκειας της άσκησης σε άλλες φυσιολογικές παραμέτρους, όπως η μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού, ο αναπνευστικός ρυθμός και τα επίπεδα γαλακτικού οξέος στο αίμα. Επιπλέον, μελλοντικές μελέτες θα μπορούσαν να διερευνήσουν την επίδραση αυτών των ασκήσεων στα πρότυπα μυϊκής ενεργοποίησης και στις στρατηγικές πρόσληψης των μυών, γεγονός που μπορεί να ρίξει φως στους υποκείμενους μηχανισμούς της ενεργειακής δαπάνης και της έντασης της άσκησης. Ένας άλλος τομέας μελλοντικής έρευνας θα μπορούσε να επικεντρωθεί στις επιδράσεις διαφορετικών τρόπων άσκησης (π.χ. προπόνηση με αντιστάσεις έναντι αερόβιας άσκησης) στην ενεργειακή δαπάνη και την ένταση της άσκησης, καθώς και στις πιθανές συνεργιστικές επιδράσεις του συνδυασμού διαφορετικών τρόπων.

Επιπλέον, οι μελλοντικές μελέτες θα μπορούσαν επίσης να διερευνήσουν τον αντίκτυπο αυτών των ασκήσεων σε πληθυσμούς με διαφορετικά επίπεδα φυσικής κατάστασης, συμπεριλαμβανομένων των καθιστικών ατόμων, των αθλητών και των ηλικιωμένων πληθυσμών. Αυτό θα μπορούσε να βοηθήσει στον προσδιορισμό της καταλληλότητας και της αποτελεσματικότητας αυτών των ασκήσεων για διαφορετικούς πληθυσμούς και να ενημερώσει για τη συνταγογράφηση ασκήσεων για συγκεκριμένες ομάδες. Θα ήταν επίσης ενδιαφέρον να εξεταστούν οι επιδράσεις της σειράς άσκησης και των περιόδων ανάπαυσης μεταξύ των ασκήσεων στην ενεργειακή δαπάνη και την ένταση της άσκησης.

Τέλος, είναι σημαντικό να αναγνωριστούν ορισμένοι πιθανοί περιορισμοί αυτής της μελέτης. Πρώτον, έλαβαν μέρος μόνο υγιείς νέοι ενήλικες, γεγονός που περιορίζει τη δυνατότητα γενίκευσης των ευρημάτων σε άλλους πληθυσμούς. Επιπλέον, η μελέτη περιελάμβανε μόνο έξι ασκήσεις, οι οποίες ενδέχεται να μην είναι αντιπροσωπευτικές όλων των πιθανών ασκήσεων και κινητικών προτύπων. Μελλοντικές μελέτες με μεγαλύτερα και πιο ποικίλα δείγματα και ένα ευρύτερο φάσμα ασκήσεων θα μπορούσαν να βοηθήσουν στην αντιμετώπιση αυτών των περιορισμών.

Συμπερασματικά, η παρούσα μελέτη παρέχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την ενεργειακή δαπάνη και την ένταση της άσκησης έξι διαφορετικών ασκήσεων με διαφορετικά κινητικά πρότυπα και διάρκεια. Τα ευρήματα υπογραμμίζουν τη σημασία της συνεκτίμησης των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών κάθε άσκησης κατά τη συνταγογράφηση προγραμμάτων άσκησης για άτομα που επιδιώκουν να βελτιώσουν τα επίπεδα φυσικής τους κατάστασης. Τα αποτελέσματα μπορεί επίσης να έχουν πρακτικές συνέπειες για τους επαγγελματίες της άσκησης και τα άτομα που επιδιώκουν να βελτιστοποιήσουν τα προγράμματα άσκησης τους. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω έρευνα για τη διερεύνηση των επιδράσεων της έντασης, της διάρκειας και του τρόπου άσκησης σε άλλες φυσιολογικές παραμέτρους και σε διαφορετικούς πληθυσμούς, καθώς και για την αντιμετώπιση ορισμένων από τους περιορισμούς αυτής της μελέτης.

9. Βιβλιογραφία

1. Motl RW, Fernhall B, McCully KK, Ng A, Plow M, Pilutti LA, et al. Lessons learned from clinical trials of exercise and physical activity in people with MS – guidance for improving the quality of future research. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 68, 104088.
2. Kolnes KJ, Petersen MH, Lien-Iversen T, Højlund K and Jensen J (2021) Effect of Exercise Training on Fat Loss—Energetic Perspectives and the Role of Improved Adipose Tissue Function and Body Fat Distribution. *Front. Physiol.* 12:737709. doi: 10.3389/fphys.2021.737709
3. Petridou A, Siopi A, Mougios V. Exercise in the management of obesity. *Metabolism Clinical and Experimental*, 2019;92:163-169.
4. Kawalec A, Kawalec, A. Analysis of the body composition of young adults and the frequency of occurrence of so-called normal weight obesity: A pilot study. *Nurs. Public Health* 2019, 9:167–171
5. WHO. Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic; WHO: Geneva, Switzerland, 2015
6. Ahmed B, Sultana R, Greene, M.W. Adipose tissue and insulin resistance in obese. *Biomed. Pharmacother.* 2021, 137:111315
7. Jones A, ToveeM, Cutler L, Parkinson K, Ells L, Araujo-Soares V, Pearce M, Mann K, Scott D, Harris J, et al. Health Effects of Overweight and Obesity in 195 Countries over 25 Years. *Yearb. Paediatr. Endocrinol.* 2018, 15
8. Ward ZJ, Bleich SN, Cradock AL, Barrett JL, Giles CM, Flax C, Long MW, Gortmaker SL. Projected U.S. State-Level Prevalence of Adult Obesity and Severe Obesity. *N. Engl. J. Med.* 2019, 381:2440–2450
9. Rana K, Ghimire P, Chimoriya R, Chimoriya R. Trends in the Prevalence of Overweight and Obesity and Associated Socioeconomic and Household Environmental Factors among Women in Nepal: Findings from the Nepal Demographic and Health Surveys. *Obesities* 2021;1:113–135.
10. Pan XF, Wang L, Pan A. Epidemiology and determinants of obesity in China. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2021, 9:373–392.
11. Wang L, Zhou B, Zhao Z, YangL, Zhang M, Jiang Y, Li Y, Zhou M, Wang L, Huang Z, et al. Body-mass index and obesity in urban and rural China: Findings from consecutive nationally representative surveys during 2004–18. *Lancet* 2021, 398:53–

12. Alammam M, Alsoghayer S, El-Abd K, Alkhenizan A. Diagnostic Accuracy of Body Mass Index (BMI) When Diagnosing Obesity in a Saudi Adult Population in a Primary Care Setting, Cross Sectional, Retrospective Study. *Diabetes Metab. Syndr. Obesity Targets Ther.* 2020, 13:2515–2520
13. Jo A, Mainous AG, III. Informational value of percent body fat with body mass index for the risk of abnormal blood glucose: A nationally representative cross-sectional study. *BMJ Open* 2018, 8:e019200
14. Zhu Y, Wang Z, Maruyama H, Onoda K, Huang Q. Body Fat Percentage and Normal-Weight Obesity in the Chinese Population: Development of a Simple Evaluation Indicator Using Anthropometric Measurements. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19:4238
15. Cooper AJ, Gupta SR, Moustafa AF, Chao AM. Sex/Gender Differences in Obesity Prevalence, Comorbidities, and Treatment. *Curr Obes Rep.* 2021 Dec;10(4):458-466.
16. Lavie CJ, De Schutter A, Parto P, Jahangir E, Kokkinos P, Ortega F.B, Arena R, Milani RV. Obesity and Prevalence of Cardiovascular Diseases and Prognosis—The Obesity Paradox Updated. *Prog. Cardiovasc. Dis.* 2016, 58:537–547.
17. El Ghoch M, Fakhoury R. Challenges and New Directions in Obesity Management: Lifestyle Modification Programmes, Pharmacotherapy and Bariatric Surgery. *J. Popul. Ther. Clin. Pharmacol.* 2019, 26:e1–e4
18. Bäuerle A, Frewer AL, Rentrop V, Schüren LC, Niedergethmann M, Lortz J, Skoda EM, Teufel M. Determinants of Acceptance of Weight Management Applications in Overweight and Obese Individuals: Using an Extended Unified Theory of Acceptance and Use of Technology Model. *Nutrients* 2022, 14, 1968.
19. Mongraw-Chaffin M, Allison MA, Burke GL, Criqui MH, Matsushita K, Ouyang P, Shah RV, Shay CM, Anderson CAM. CT-derived body fat distribution and incident cardiovascular disease: The multi-ethnic study of atherosclerosis. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2017, 102:4173–4183.
20. GBD Obesity Collaborators. Health Effects of Overweight and Obesity in 195 Countries over 25 Years. *N. Engl. J. Med.* 2017, 377:13–27
21. Ruano C, Lucumi, E.; Albán, J.; Arteaga, S.; Fors, M. Obesity and Cardio-Metabolic Risk Factors in Ecuadorian University Students. First Report, 2014–2015. *Diabetes Metab. Syndr. Clin. Res. Rev.* 2018, 12:917–921

22. Koirala M, Khatri R, Khanal V, Amatya A. Prevalence and factors associated with childhood overweight/obesity of private school children in Nepal. *Obes. Res. Clin. Pract.* 2015, 9:220–227
23. Thomas Y, Newman C, Faynshtayn N, McGregor A. Exploring Obesity as a Gendered Contagion: Impact on Lifestyle Interventions to Improve Cardiovascular Health. *Clinical Therapeutics*, 2022, 44(1):23-32
24. Oppert JM, Bellicha A, van Baak M, Battista F, Beaulieu K, Blundell J, Carraça E, Encantado J, Ermolao A, Pramono A, Farpour-Lambert N, Woodward E, Dicker D, Busetto L. Exercise training in the management of overweight and obesity in adults: Synthesis of the evidence and recommendations from the European Association for the Study of Obesity Physical Activity Working Group. *Obesity Reviews*, 2021; 22(4).
25. World Health Organisation, WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour, 2020, accessed at <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/336656/9789240015128-eng.pdf>
26. Gaesser GA, Angadi SS. Obesity treatment: Weight loss versus increasing fitness and physical activity for reducing health risks. *iScience* 2021; 24, 102995
27. Mougios V.C. Biochemistry of exercise. Nicosia: Broken Hill Publishers Ltd; 2008
28. Klisouras V. Ergophysiology. 11th. Nicosia: Broken Hill Publishers Ltd; 2011.
29. Dolezal BA, Neufeld EV, Boland DM, Martin JL, Cooper CB. Interrelationship between Sleep and Exercise: A Systematic Review. *Adv. Prev. Med.* 2017; 2017:1364387
30. Gordon BR, McDowell CP, Lyons M, Herring MP. The Effects of Resistance Exercise Training on Anxiety: A Meta-Analysis and Meta-Regression Analysis of Randomized Controlled Trials. *Sports Med.* 2017; 47:2521–2532
31. Pojednic R, D'Arpino E, Halliday I, Bantham A. The Benefits of Physical Activity for People with Obesity, Independent of Weight Loss: A Systematic Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022; 19:4981.
32. Adeel M, Lai CH, Wu CW, Kang JH, Liou JC, Chen HC, Hong MJ, Peng CW. Energy Expenditure during Acute Weight Training Exercises in Healthy Participants: A Preliminary Study. *Appl. Sci.* 2021; 11: 6687
33. Beaulieu K, Blundell JE, Baak MA, Battista F, Busetto L, Carraça EV ... Oppert J. Effect of exercise training interventions on energy intake and appetite control in adults with overweight or obesity: A systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*,

2021; 22(S4)

34. Hunter GR, Fisher G, Neumeier WH, Carter SJ, Plaisance EP. Exercise Training and Energy Expenditure; following Weight Loss. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2015; 47(9), 1950–1957.
35. Hernández-Gallardo D, Arencibia-Moreno R, Linares-Girela D, Saca-Plua IJ, Linares-Manrique M. Energy Expenditure and Physical Activity in a University Population in the Coastal Region of Ecuador. *Sustainability*. 2020; 12(23):10165. <https://doi.org/10.3390/su122310165>
36. Martin CK, Johnson WD, Myers CA, Apolzan JW, Earnest CP, Thomas DM, Rood JC, Johannsen NM, Tudor-Locke C, Harris M, et al. Effect of different doses of supervised exercise on food intake, metabolism, and non-exercise physical activity: The E-MECHANIC randomized controlled trial. *Am. J. Clin. Nutr.* 2019;110:583–592
37. Donnelly JE, Honas JJ, Smith BK, Mayo MS, Gibson CA, Sullivan DK, Lee J, Herrmann SD, Lambourne K, Washburn RA. Aerobic exercise alone results in clinically significant weight loss for men and women: Midwest exercise trial 2. *Obesity* 2013;21:E219–E228
38. Melanson EL, Keadle SK, Donnelly JE, Braun B, King NA. Resistance to exercise-induced weight loss: Compensatory behavioral adaptations. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2013;45:1600–1609
39. Doucet É, McInis K, Mahmoodianfard S. Compensation in response to energy deficits induced by exercise or diet. *Obes. Rev.* 2018;19(Suppl. S1):36–46
40. Riou ME, Jomphe-Tremblay S, Lamothe G, Stacey D, Szczotka A, Doucet E. Predictors of Energy Compensation during Exercise Interventions: A Systematic Review. *Nutrients* 2015;7:3677–3704
41. Herrmann SD, Willis EA, Honas JJ, Lee J, Washburn RA, Donnelly JE. Energy intake, nonexercise physical activity, and weight loss in responders and nonresponders: The Midwest Exercise Trial 2. *Obesity* 2015;23:1539–1549
42. Drenowatz C. Reciprocal Compensation to Changes in Dietary Intake and Energy Expenditure within the Concept of Energy Balance. *Adv. Nutr.* 2015; 6:592–599
43. Willis EA, Creasy SA, Honas JJ, Melanson EL, Donnelly JE. The effects of exercise session timing on weight loss and components of energy balance: Midwest exercise trial 2. *Int. J. Obes.* 2019;44:114–124
44. Alizadeh Z, Younespour S, Tabesh MR, Haghravan S. Comparison between the effect

- of 6 weeks of morning or evening aerobic exercise on appetite and anthropometric indices: A randomized controlled trial. *Clin. Obes.* 2017;7:157–165
45. Brooker PG, Gomersall SR, King NA, Leveritt MD. The feasibility and acceptability of morning versus evening exercise for overweight and obese adults: A randomized controlled trial. *Contemp. Clin. Trials Commun.* 2019; 14:100320.
 46. Mancilla R, Brouwers B, Schrauwen-Hinderling VB, Hesselink MKC, Hoeks J, Schrauwen P. Exercise training elicits superior metabolic effects when performed in the afternoon compared to morning in metabolically compromised humans. *Physiol. Rep.* 2021;8:e14669
 47. Blankenship JM, Rosenberg RC, Rynders CA, Melanson EL, Catenacci VA, Creasy SA. Examining the Role of Exercise Timing in Weight Management: A Review. *Int. J. Sports Med.* 2021;42:967–978
 48. Chomistek AK, Shiroma EJ, Lee IM. The Relationship Between Time of Day of Physical Activity and Obesity in Older Women. *J. Phys. Act. Health* 2016; 13:416–418
 49. Schumacher LM, Thomas JG, Raynor HA, Rhodes RE, O’Leary KC, Wing RR, Bond DS. Relationship of Consistency in Timing of Exercise Performance and Exercise Levels Among Successful Weight Loss Maintainers. *Obesity* 2019;27:1285–1291
 50. Creasy SA, Hibbing PR, Cotton E, Lyden K, Ostendorf DM, Willis EA, Pan Z, Melanson EL, Catenacci VA. Temporal patterns of physical activity in successful weight loss maintainers. *Int. J. Obes.* 2021;45:2074–2082
 51. Teo SYM, Kanaley JA, Guelfi KJ, Dimmock JA, Jackson B, Fairchild TJ. Effects of diurnal exercise timing on appetite, energy intake and body composition: A parallel randomized trial. *Appetite* 2021;167:105600
 52. Scott J, Hackney K, Downs M, Guined J, Ploutz-Snyder R, Fiedler J, Cunningham D, Ploutz-Snyder L. The Metabolic Cost of an Integrated Exercise Program Performed During 14 Days of Bed Rest. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 2014;85:612-617.
 53. Scott J, Hackney K, Downs M, Guined J, Ploutz-Snyder R, Fiedler J, Cunningham D, Ploutz-Snyder L. The Metabolic Cost of an Integrated Exercise Program Performed During 14 Days of Bed Rest. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 2014;85:612-617.
 54. Chaput JP, Klingenberg L, Rosenkilde M, Gilbert JA, Tremblay A, Sjödén A. Physical activity plays an important role in body weight regulation. *J Obes.* 2011;2011:360257.

55. Antunes, BS, Bianco R. LIMA, Wilson Pereira. Functional training: Concepts and benefits. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. 2020; 6(8):69-80.
56. Boyle M. Avanços no treinamento funcional. Porto Alegre: Artmed, 2015.
57. Teixeira CLS, EvangelistaAL. Treinamento funcional e core training: definição de conceitos com base em revisão de literatura. *EFDeportes.com, Revista Digital, Buenos Aires*, ano 18, n. 188, jan. 2014. Disponível em: <http://www.efdeportes.com/efd188/treinamento-funcional-e-core-training.htm>
58. Antunes, BS, Bianco R. LIMA, Wilson Pereira. Functional training: Concepts and benefits. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. 2020; 6(8):69-80.
59. Novaes JGA, RodriguesG. Condicionamento físico e treino funcional: revisando alguns conceitos e posicionamentos. *Revista Uniandrade*, 2014;15(2):87-93, 2014.
60. Liebson, C. Treinamento funcional na prática desportiva e reabilitação neuromuscular. Porto Alegre: Artmed, 2017.
61. Resende-Neto AG, Silva-Grigoletto ME, Santos, MS, Cyrino, ES. Treinamento funcional para idosos: uma breve revisão. *R. bras. Ci. e Mov.*, v. 2016;24(3):167-177.
62. Alizadeh M, Dehghanizade J. The effect of functional training on level of brain-derived neurotrophic factor and functional performance in women with obesity. *Physiology & Behavior*, 2022; 251:113798
63. D'Elia L. Guia completo de treinamento funcional. São Paulo: Phorte, 2017.
64. TeixeiraCV, EvangelistaAL, Pereira CA, Silva-Grigoletto ME. Short roundtable RBCM: treinamento funcional. *R. bras. Ci. e Mov.*, 2016;24(1):200-206.
65. Liu C, ShiroyDM, Jones LY, Clark DO. Systematic review of functional training on muscle strength, physical functioning, and activities of daily living in older adults. *Eur Rev Aging Phys Act.*, 2014;11: 95-106
66. Alizadeh M, Dehghanizade J. The effect of functional training on level of brain-derived neurotrophic factor and functional performance in women with obesity. *Physiology & Behavior*, 2022; 251:113798
67. Willis EA, Szabo-Reed AN, Ptomey LT, Honas JJ, Steger FL, Washburn RA, Donnelly JE. Energy Expenditure and Intensity of Group-Based High-Intensity Functional Training: A Brief Report. *J Phys Act Health*. 2019 Jun 1;16(6):470-476
68. Oltaen A. Body positions, procedures and principles in trx training –theoretical

- considerations. “Mircea cel Batran” Naval Academy Scientific Bulletin, 2017;XX(1):442-449.
69. Rahimi M, Nazarali P, Alizadeh R. Pilates and TRX training methods can improve insulin resistance in overweight women by increasing an exercise-hormone, Irisin. *J Diabetes Metab Disord*. 2021 Aug 26;20(2):1455-1460.
 70. Smith L, Snow J, Fargo J, Buchanan CA, Dalleck L, The Acute and Chronic Health Benefits of TRX Suspension Training in Healthy Adults. *Int J Res Ex Phys.*,2016;11(2):1-15.
 71. Iskandar M, Mohamad NI, Othman S, Nadzalan A. Metabolic cost during tyre and rope functional training. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*. 2017(6S):9-1050
 72. Stein J, Fieto Y, Heinrich K. Predicting Energy expenditure in Males And Females During High-intensity Functional Training: 1912 Board #173 May 31 2. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2018;50:459-460.
 73. Schubert MM, Palumbo EA. Energy balance dynamics during short-term high-intensity functional training. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2019 Feb;44(2):172-178.
 74. Sena M, Souza M, Junior V. Resting Energy Expenditure in CrossFit® Participants: Predictive Equations versus Indirect Calorimetry. *International Journal of Kinesiology and Sports Science*, 2021;9:7-13.
 75. Scott C, Leighton B, Ahearn K, McManus J. Aerobic, anaerobic, and excess postexercise Oxygen consumption energy expenditure of Muscular endurance and strength: 1-set of Bench press to muscular fatigue. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2011;25:903-908.
 76. Panissa V, et al. Is Oxygen Uptake Measurement Enough to Estimate Energy Expenditure During High-Intensity Intermittent Exercise? Quantification of Anaerobic Contribution by Different Methods. *Frontiers in Physiology*.2018;9:868-876.
 77. Conceição et al. Anaerobic metabolism induces greater total energy expenditure during exercise with blood flow restriction. *Plos One*. 2018, accessed at <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194776>