

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η ενεργειακή δαπάνη ασκήσεων μυϊκής ενδυνάμωσης με ιατρική
μπάλα**

ΜΠΡΙΣΙΜΙΤΖΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

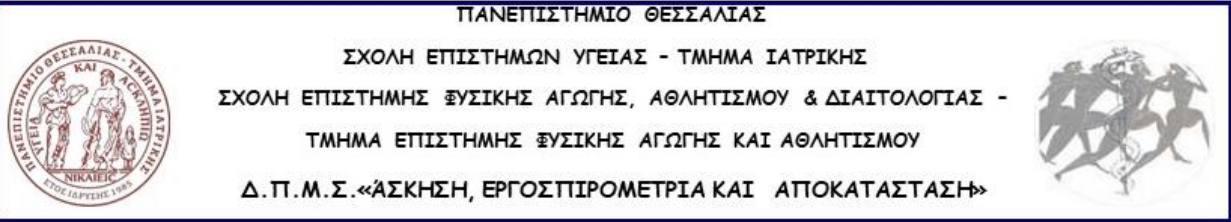
ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

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

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

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

Λάρισα, 2023



ENERGY EXPENDITURE OF MUSCLE STRENGTHENING EXERCISES WITH MEDICINE BALL

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πρόλογος	4
Ευχαριστίες	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
2. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	8
2.1. Προπόνηση με ιατρική μπάλα	8
2.2. Ενεργειακή δαπάνη	10
2.3. Μέτρηση της ενεργειακής δαπάνης σε ασκήσεις με ιατρικές μπάλες	14
3. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	17
3.1. Σκοπός	17
3.2. Υλικό και Μέθοδος	18
3.2.1 Συμμετέχοντες	18
3.2.2 Πειραματικός σχεδιασμός	18
3.2.3 Περιγραφή των ασκήσεων με ιατρική μπάλα	20
3.2.4. Περιγραφή των δοκιμασιών	20
3.3. Αποτελέσματα	25
3.4. Συζήτηση	32
4. Βιβλιογραφία	36

Πρόλογος

Τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότεροι άνθρωποι ασχολούνται με την προσωπική τους εκγύμναση με κύριο στόχο την καλύτερη σωματική αλλά και ψυχική τους υγεία. Αρκετές έρευνες δείχνουν τις θετικές προσαρμογές που μπορεί να επιφέρει η άσκηση ακόμα και σε υγιείς ανθρώπους ανεξαρτήτως ηλικίας και φύλου. Δυστυχώς όμως στις μέρες μας η κατανάλωση προχείρου και εύκολου φαγητού οδηγεί προς την παχυσαρκία και σύμφωνα με έρευνες μέχρι το 2030 δυο στους τρεις ενήλικες θα είναι υπέρβαροι ή παχύσαρκοι (Ng et al., 2014). Παράλληλα, η παχυσαρκία συμβάλει στην δημιουργία χρόνιων ασθενειών καθώς και στην μείωση της ποιότητας ζωής (Seidell & Halberstadt, 2015) Οι νέες τάσεις τις εποχής παρουσιάζουν νέα μοντέλα προπόνησης, όπως το υβριδικό, το functional, το cross training, το CrossFit, το Tabata, το Hiit κ.α., καθώς και πρωτόκολλα διαφορετικών εντάσεων όπου χρησιμοποιούν ασκήσεις με αντιστάσεις ή με το βάρος του σώματος. Υπάρχει όμως κενό στην βιβλιογραφία για το σύνολο τις ενεργειακής δαπάνης όπου καταναλώνει ο κάθε ασκούμενος κατά την διάρκεια εκτέλεσης των ασκήσεων.

Στην παρούσα μελέτη υπολογίστηκε η ενεργειακή δαπάνη κατά την εκτέλεση δεκατεσσάρων (14) μονών ασκήσεων με την χρήση medicine balls. Το ασκησιολόγιο και ο χρόνος άσκησης επιλέχθηκαν με κριτήριο την κάλυψη όλων των βασικών κινητικών μοτίβων (διποδικό, μονοποδικό, αντιθετικό, περιστροφικό, πίεση, έλξη και σύνθετο) για την ευρεία χρήση τους σε αθλητικούς χώρους. Σε δυο πειραματικές συνθήκες χωρίς ρίψη και με ρίψη, πιο συγκεκριμένα α) Συνθήκη των 30’’ δευτερολέπτων (X P 30) εκτέλεση 7 ασκήσεων του ερευνητικού πρωτοκόλλου, β) Συνθήκη των 30’’ δευτερολέπτων (M P 30) εκτέλεση 7 ασκήσεων του ερευνητικού πρωτοκόλλου). Για την αξιολόγησή της ενεργειακής δαπάνης έγινε χρήση φορητού αναλυτή ανταλλαγής αέριων. Επιπρόσθετα, αξιολογήθηκαν η παραγωγή γαλακτικού οξέος κατά την εκτέλεση των ασκήσεων καθώς και η περίσσεια οξυγόνου (ερος) .

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επίκουρο καθηγητή Δημήτριο Δραγανίδη διότι η ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής διατριβής θα ήταν αδύνατη χωρίς τη δική τους συμβολή.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον καθηγητή Ιωάννη Φατούρο για την εμπιστοσύνη και την συνεχή καθοδήγηση. Αισθάνομαι την υποχρέωση να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους φοιτητές του ΣΕΦΑΑ Θεσσαλίας όπου έλαβαν μέρος στην έρευνα καθώς και στον Αθανάσιο Γατσά για τον πολύτιμο χρόνο που διέθεσε κατά τη διάρκεια της ερευνητικής μου διαδικασίας.

Τέλος, αφιερώνω αυτήν την εργασία στην οικογένειά μου, Κυπαρισσία Μπαϊρακτάρη και Βασιλική Μπρισιμιτζή για την απεριόριστη υπομονή που επέδειξαν όλο αυτό το διάστημα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός αυτής της έρευνας ήταν να εκτιμηθεί η ενεργειακή δαπάνη 7 ασκήσεων μυϊκής ενδυνάμωσης με ιατρική μπάλα χρονικής διάρκειας εκτέλεσης 30 δευτερολέπτων σε 2 συνθήκες α) με ρίψη μπάλας και β) χωρίς ρίψη μπάλας. Στη μελέτη συμμετείχαν 10 υγιείς άνδρες και γυναίκες, ηλικίας 18-25 ετών. Αρχικά, οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε μετρήσεις σωματομετρικών χαρακτηριστικών, σύστασης σώματος με τη μέθοδο απορροφησιομετρίας διπλής δέσμης ακτίνων Χ, μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας και μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου. Επίσης, αξιολογήθηκε η λειτουργική τους ικανότητα, η μέγιστη δύναμη στις ασκήσεις πιέσεις στήθους και πιέσεις ποδιών, και η μυϊκή αντοχή μέσω των δοκιμασιών κάμψεων και αναδιπλώσεων κορμού. Έπειτα, οι συμμετέχοντες συμμετείχαν με τυχαιοποιημένη σειρά στις 2 συνθήκες στις οποίες εκτελούσαν καθημερινά για 7 ημέρες μία από τις παρακάτω ασκήσεις: (1) Rolling, (2) Swings, (3) Forward lunge, (4) Jack press, (5) Slams, (6) Overhead press to RDL, (7) Rotational. Για την αξιολόγηση της συνολικής θερμιδικής δαπάνης, χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις πρόσληψης οξυγόνου, καρδιακής συχνότητας και συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος πριν την άσκηση, κατά τη διάρκεια και 4' λεπτά μετά το τέλος της άσκησης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, οι ασκήσεις που οδήγησαν στην μεγαλύτερη ενεργειακή δαπάνη ήταν αυτές που συνδύαζαν άσκηση αντίστασης και αερόβια άσκηση ταυτόχρονα. Οι ασκήσεις με την μεγαλύτερη παραγωγή γαλακτικού οξέος ήταν αυτές όπου το ποσοστό μεταβολής της καρδιακής συχνότητας πλησίαζε το 100% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου του κάθε ασκούμενου. Η συμβολή της περίσσεια οξυγόνου στην συνολική ενεργειακή δαπάνη είναι μεγαλύτερη από το οξειδωτικό αλλά και το γλυκολυτικό σύστημα. Συμπερασματικά, τα από τα αποτελέσματα καταδεικνύεται η σπουδαιότητά της άσκησης ως προς το ενεργειακό ισοζύγιο, ειδικά αν αναφερόμαστε σε προγράμματα απώλειας σωματικού βάρους. Επιπλέον, η ενεργοποίηση του οξειδωτικού συστήματος και αυτό της περίσσεια οξυγόνου ήταν αυξημένη σε προσπάθειες με μεγαλύτερη ένταση.

Λέξεις Κλειδιά: Ενεργειακή δαπάνη, ιατρική μπάλα , προπόνηση αντιστάσεων, λειτουργική προπόνηση, κατανάλωση οξυγόνου

ABSTRACT

The purpose of this study was to estimate the energy expenditure of 7 muscle strengthening exercises with a medicine ball of 30 seconds exercise duration in 2 different conditions: a) with ball throwing and b) without ball throwing. 10 healthy men and women, aged 18-25 years participated in the study. Initially, participants underwent measurements of somatometric characteristics, body composition by dual-energy X-ray absorptiometry, resting metabolic rate and maximal oxygen uptake. Furthermore, their functional capacity, maximal strength in chest press and leg press exercises, and muscle endurance through trunk flexion and curl tests were assessed. Participants were then randomly assigned to the 2 conditions in which they performed one of the following exercises daily for 7 days: (1) Rolling, (2) Swings, (3) Forward lunge, (4) Jack press, (5) Slams, (6) Overhead press to RDL, (7) Rotational. To assess total energy expenditure, measurements of oxygen uptake, heart rate and lactate concentration were used before exercise, during and 4 minutes post-exercise. According to the results of the present study, the exercises that led to the greatest increase in energy expenditure were those that combined resistance exercise and aerobic exercise. The exercises with the greatest lactic acid production were those where the percent change in heart rate reached ~100% of each participant's maximal oxygen uptake. The contribution of excess post-exercise oxygen consumption to the total energy expenditure is greater than both the oxidative as well as the glycolytic system. In conclusion, the results demonstrate the importance of exercise in terms of energy balance, especially when referring to weight loss programs. In addition, the activation of the oxidative system and that of excess post-exercise oxygen consumption was increased at higher intensity efforts.

Keywords: Energy expenditure, medicine ball, strength training, functional training, oxygen consumption

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο άσκηση εννοούμε κάθε συστηματική κίνηση του σώματος ή συμμετοχή του ατόμου σε φυσική δραστηριότητα, η οποία έχει κάποια χρονική διάρκεια, χαμηλά επίπεδα ανταγωνισμού και στην οποία εμπλέκονται κυρίως μεγάλες μυϊκές ομάδες του σώματος (Berger, Pargman, & Weinberg, 2007). Η άσκηση οδηγεί σε μια πιο υγιή σύνθεση του σώματος, όπως τη μείωση του σωματικού λίπους, ειδικά σε υπέρβαρους και παχύσαρκα άτομα, με μικρή ή καθόλου μακροπρόθεσμη επίδραση στο σωματικό βάρος(1). Με βάση έρευνες που έχουν διεξαχθεί, έχει τεκμηριωθεί ότι ένας στους τρεις ενήλικες σε παγκόσμια κλίμακα είναι υπέρβαρος ή παχύσαρκος. Επιπλέον, εκτιμάται ότι δύο στους τρεις ενήλικες θα είναι υπέρβαροι ή παχύσαρκοι το 2030 (2). Η παχυσαρκία αποτελεί σημαντικό ζήτημα υγείας οδηγώντας σε χρόνιες ασθένειες, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση της ποιότητας και του προσδόκιμου ζωής των ανθρώπων (3). Πιο συγκεκριμένα, μια μελέτη εξέτασε τη σχέση μεταξύ της αύξησης βάρους (η οποία ανέρχεται στα 5 κιλά) και της υγείας. Τα αποτελέσματα της μελέτης καταδεικνύουν αρκετά προβλήματα υγείας. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρεται ο αυξημένος κίνδυνος διαβήτη τύπου 2, υπέρτασης, καρδιαγγειακές παθήσεις, καρκίνος που σχετίζεται με την παχυσαρκία, πρόωρος θάνατος και ανθυγιεινή γήρανση είναι μερικά από αυτά (4)

Σύμφωνα με την Αμερικανική Καρδιολογική Εταιρεία (AHA), συνίσταται η τακτική σωματική δραστηριότητα καθώς και η μέτριας έως υψηλής έντασης άσκηση, η οποία σταδιακά αυξάνεται σε >250 λεπτά/εβδομάδα για την βελτίωση της σύνθεσης του σώματος και την προώθηση της απώλειας του βάρους. Αυτό έχει ως τελικό αποτέλεσμα την αποτροπή ανάκτησης του βάρους και την μείωση των παραγόντων κινδύνου για διαταραχές που σχετίζονται με την παχυσαρκία ακόμη και χωρίς την μακροχρόνια απώλεια βάρους (5). Επιπλέον, εντοπίζονται αρκετές μελέτες στην υπάρχουσα βιβλιογραφία οι οποίες διερεύνησαν τις επιπτώσεις των διαφορετικών τρόπων άσκησης (συνεχής προπόνηση αντοχής μέτριας έντασης ή υψηλής έντασης, προπόνηση αντιστάσεων κ.α.) σχετικά με την απώλεια βάρους, τη σύνθεση του σώματος, το μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας και συνολικά την υγεία των ενηλίκων (6), (7). (8), (9), (10). Συμπερασματικά, η υψηλής έντασης προπόνηση είναι αρκετά αποδοτική ως προσέγγιση και ως προς το χρόνο σε σύγκριση με άλλες. Επιφέρει αρκετές βελτιώσεις στην απόδοση, στη σύνθεση του σώματος, στην αντίσταση στην ινσουλίνη, στο μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας, στον μεταβολισμό των σκελετικών μυών, καθώς και στο λιπιδαιμικό προφίλ στο αίμα σε υπέρβαρους και παχύσαρκους ενήλικες (11);(12);(13),(14). Ακόμα και σε υγιείς ενήλικες υπάρχουν αρκετές έρευνες που δείχνουν τις θετικές επιδράσεις που έχει η άσκηση στην υγεία, ανεξαρτήτως απώλειας ή όχι σωματικού βάρους (15, 16)

Ενώ υπάρχουν αρκετές μελέτες που αποδεικνύουν τις θετικές προσαρμογές και επιδράσεις που επιφέρει η άσκηση σε όλες τις μορφές της, παρατηρήσαμε το κενό που υπάρχει στην βιβλιογραφία σχετικά με την ενεργειακή δαπάνη που καταναλώνει ένας ασκούμενος εκτελώντας βασικές ασκήσεις που

χρησιμοποιούνται ευρέως στον αθλητικό χώρο και ανταποκρίνονται πάνω στις τάσεις της εποχής και πιο συγκεκριμένα της λειτουργικής προπόνησης. Η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στη δημιουργία ενός πίνακα που θα καταγράφει την ολική δαπάνη θερμίδων που καταναλώνονται κάνοντας άσκηση με medicine balls. Το ασκησιολόγιο και ο χρόνος άσκησης επιλέχθηκαν αφενός για την κάλυψη όλων των βασικών κινητικών μοτίβων (διποδικό, μονοποδικό, αντιθετικό, περιστροφικό, πίεση, έλξη και σύνθετο) και αφετέρου για την ευρεία χρήση τους σε αθλητικούς χώρους όπως είναι τα γυμναστήρια και τα γήπεδα. Ο τρόπος που θα υπολογιστεί η συνολική ενεργειακή δαπάνη της άσκησης θα υπολογιστεί εκτιμώντας το άθροισμα:

- α) της αερόβιας ενεργειακής δαπάνης κατά τη διάρκεια της άσκησης,
- β) την αναερόβια δαπάνη ενέργειας χρησιμοποιώντας μετρήσεις συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος στο αίμα και
- γ) την υπερβολική κατανάλωση οξυγόνου μετά την άσκηση.

2. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1. Προπόνηση με ιατρική μπάλα

Σύμφωνα με την Αμερικάνικη Αθλητική Εταιρεία (ACSM), τα άτομα όλων των ηλικιών που συμμετέχουν τακτικά σε προγράμματα άσκησης με αντιστάσεις, παρουσιάζουν μειωμένο κίνδυνο εκδήλωσης χρόνιων νοσημάτων, βελτιώνοντας παράλληλα την ποιότητα ζωής τους (ACSM)). Επιπρόσθετα, η ίδια εταιρεία επισημαίνει πως η άσκηση μπορεί να βοηθήσει στην διαχείριση διαφόρων ασθενειών όπως η αρθρίτιδα, ορισμένα είδη καρκίνου, καρδιαγγειακά νοσήματα, άνοια, κατάθλιψη, διαβήτη, παχυσαρκία κ.α., και παράλληλα συστήνει τη συμμετοχή σε μέτρια έως υψηλής έντασης άσκηση 2-3 φορές την εβδομάδα (ACSM). Οι τάσεις στο χώρο του FITNESS σε παγκόσμιο επίπεδο, έχουν καταγραφεί και αναλυθεί για το έτος 2023 σύμφωνα με τις οποίες η άσκηση με το βάρος του σώματος αποτελεί την πρώτη προτίμηση των ασκούμενων στην Ευρώπη, ενώ η προπόνηση σε μικρές ομάδες (small group training) αλλά και η προσωπική προπόνηση (personal training) βρίσκονται μεταξύ των 10 πρώτων προτιμήσεων (17). Υπάρχουν αρκετά μοντέλα προπόνησης τα οποία μπορούν να εφαρμοστούν είτε σε μικρές ομάδες ασκούμενων είτε σε προσωπική προπόνηση, μεταξύ των οποίων είναι η υβριδική προπόνηση, η λειτουργική προπόνηση και το cross training, τα οποία χρησιμοποιούν είτε πρόσθετη εξωτερική αντίσταση είτε εκτελούνται με βάρος του σώματος. Ο όρος «λειτουργική προπόνηση» αναφέρεται σε πολυαρθρικές κυρίως ασκήσεις με αντιστάσεις οι οποίες προσομοιάζουν σε μεγάλο βαθμό το κινητικό πρότυπο καθημερινών κινήσεων ή αθλητικών δραστηριοτήτων (18). Η λειτουργική προπόνηση υποστηρίζεται ότι ενισχύει τον νευρομυϊκό συντονισμό και βελτιώνει την απόδοση σε καθημερινές δραστηριότητες (18).

Η εφαρμογή ασκήσεων με ιατρική μπάλα (medicine ball) συμπεριλαμβάνεται στη λειτουργική προπόνηση και αποτελεί μια αρκετά αποτελεσματική προπονητική μέθοδο για τη βελτίωση της φυσικής

απόδοσης (19). Ενδεικτικά, σε προηγούμενη μελέτη όπου εξετάστηκε η επίδραση 8 εβδομάδων προπόνησης με ιατρικές μπάλες σε παραμέτρους φυσικής απόδοσης και σε δεξιότητες αθλητών καλαθοσφαίρισης, διαπιστώθηκε σημαντική βελτίωση στην αλτική ικανότητα, την ταχύτητα 20 μέτρων, την ευκινησία και τη δύναμη κάτω άκρων, με τα ποσοστά βελτίωσης να κυμαίνονται από 3,5% έως 16% (20). Επιπλέον, οι ερευνητές παρατήρησαν σημαντική βελτίωση και σε δεξιότητες του αθλήματος όπως το οδήγημα της μπάλας, η πάσα, το σουτ και οι αμυντικές κινήσεις (20). Αντίστοιχα, σε αθλήτριες χειροσφαίρισης παρατηρήθηκαν σημαντική βελτίωση στην ταχύτητα ρίψης, την ακρίβεια ρίψης και την ροπή που παράγουν οι μύες στην άρθρωση του ώμου, μετά από παρέμβαση λειτουργικής προπόνησης 6 εβδομάδων με ιατρικές μπάλες με συχνότητα 3 φορές την εβδομάδα (21). Ένα από τα πιο σημαντικά οφέλη της προπόνησης με ιατρική μπάλα είναι ότι το ενεργοποιεί ταυτόχρονα μυϊκές ομάδες από όλο το σώμα (22). Οι ιατρικές μπάλες ποικίλουν σε μέγεθος και βάρος παρέχοντας έτσι έναν μοναδικό τύπο αντίστασης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για απεριόριστο αριθμό ασκήσεων και να εκτελεστεί σε διαφορετικές ταχύτητες κίνησης (22).

Τα τελευταία χρόνια η λειτουργική προπόνηση με ιατρικές μπάλες γίνεται όλο και πιο δημοφιλής στα σχολεία, στα γυμναστήρια και στις αθλητικές εγκαταστάσεις και εφαρμόζεται τόσο σε παιδιά αλλά και σε εφήβους(22). Μάλιστα, έχει αναφερθεί ότι η τακτική συμμετοχή σε προπονητικό πρόγραμμα με ιατρικές μπάλες οδηγεί σε σημαντική βελτίωση της φυσικής κατάστασης, προάγοντας την ανάπτυξη της δύναμης, τον κινητικό συντονισμό, την ευκινησία, την ισορροπία αλλά και στην ταχύτητα (22). Επιπλέον, καθώς οι τιμές της καρδιακής συχνότητας κατά τη διάρκεια της προπόνησης με ιατρική μπάλα κυμαίνεται από 140 έως 160 παλμούς/λεπτό η συγκεκριμένη μέθοδος επιφέρει και καρδιαγγειακές προσαρμογές (22).

Στην έρευνα του Faigenbaum και συνεργάτες σκοπός ήταν να εξεταστούν τις οξείες καρδιομεταβολικές απαιτήσεις στο MBIT (Medicine Ball Interval Training) σε παιδιά. Δεκατέσσερα παιδιά (μέση ηλικία $10,1 \pm 1,3$ ετών) αξιολογήθηκαν στην μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_{2peak}) σε διάδρομο και στη συνέχεια (> 48 ώρες αργότερα) πραγματοποίησαν ένα προοδευτικό πρωτόκολλο MBIT 10 λεπτών των 5 ασκήσεων (EX) : standing marches (EX1), alternating lunges (EX2), squat swings (EX3), chest passes (EX4) and double arm slams (EX5). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα ο μέσος όρος HR αυξήθηκε σημαντικά από $121,5 \pm 12,3$ bpm κατά την EX1 έως $178,3 \pm 9,4$ bpm κατά τη διάρκεια της EX5 και η μέση VO_2 αυξήθηκε σημαντικά από $15,5 \pm 2,9$ ml / kg/ min κατά την EX1 έως $34,9 \pm 5,1$ ml /kg/ min κατά την EX5. Μέσες τιμές HR και VO_2 κατά τη διάρκεια Το MBIT κυμάνθηκε από 61,1% έως 89,6% του HR_{peak} και από 28,2% έως 63,5% του VO_{2peak} . Αυτά τα περιγραφικά στοιχεία δείχνουν ότι το MBIT μπορεί να αποτελέσει ένα μέτριο έως έντονο καρδιομεταβολικό ερέθισμα στα παιδιά(19). Στην έρευνα του LAGALLY και συνεργάτες αξιολογήθηκαν το φυσιολογικές αποκρίσεις του οργανισμού σε μια συνεχή λειτουργική προπόνηση άσκησης διάρκειας 10 λεπτών. Είκοσι γυναίκες και άνδρες πήραν μέρος

σε αυτή την έρευνα όπου αξιολογήθηκε, η κατανάλωση οξυγόνου, ο αναπνευστικός λόγος ανταλλαγής (RER), ο καρδιακός ρυθμός, η υποκειμενική αίσθηση της κόπωσης (RPE), η αρτηριακή πίεση καθώς και η συγκέντρωση γαλακτικού οξέος. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η λειτουργική προπόνηση προκάλεσε σημαντική αύξηση στην καρδιακή συχνότητα, την αρτηριακή πίεση, και την κατανάλωση οξυγόνου (18). Ο Lavinas και συνεργάτες εξέτασαν εάν η σειρά με την οποία εκτελούνται οι ασκήσεις που αντιπροσωπεύεται από 2 διαφορετικές μεθόδους προπόνησης δύναμης, κυκλική προπόνηση [CT] και προ-εξάντληση [PE]), επηρεάζει το μέγεθος της υπερβολικής κατανάλωσης οξυγόνου μετά την άσκηση. (EPOC) καθώς την ΕΕ. Στη μελέτη συμμετείχαν οκτώ γυναίκες όπου πραγματοποίησαν δύο προπονήσεις ενδυνάμωσης, με διαφορετικές σειρές εκτέλεσης σε συνολικά 7 ασκήσεις που εκτελέστηκαν με φορτία μεταξύ 50% και 55% της μέγιστης 1 επανάληψης (1RM). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές ούτε στο EPOC (CT: 7,19 L +/- 6,17 αν. PE: 7,22 +/- 5,84 L) ούτε στο ΕΕ μετά την άσκηση (CT: 34,67 +/- 29,76 Kcal, PE: 34,77 +/- 28,15 Kcal) (23).

2.2. Ενεργειακή δαπάνη

Όταν η ενεργειακή πρόσληψη υπερβαίνει την ενεργειακή δαπάνη τότε εμφανίζεται μια κατάσταση θετικού ενεργειακού ισοζυγίου και μακροπρόθεσμη συνέπεια αυτού είναι αύξηση του σωματικού βάρους (24). Αντίθετα, όταν η ενέργεια που δαπανάται υπερβαίνει την ενεργειακή πρόσληψη επέρχεται κατάσταση αρνητικού ενεργειακού ισοζυγίου με συνέπεια την απώλεια σωματικού βάρους μακροπρόθεσμα (24). Οι παράγοντες που καθορίζουν την συνολική ημερήσια ΕΔ είναι (i) ο βασικός μεταβολικός ρυθμός (BMP), που αντιπροσωπεύει το 60-70% της συνολικής ΕΔ, (ii) η τροφογενής θερμογένεση, η οποία αντιπροσωπεύει περίπου 10% της συνολικής ΕΔ και (iii) η φυσική δραστηριότητα ή/και η άσκηση τα οποία αθροιστικά αντιπροσωπεύουν περίπου 15-30% της συνολικής ΕΔ (25). Βέβαια θα πρέπει να αναφερθεί στο σημείο αυτό και ο κirkάδιος ρυθμός, ο οποίος σύμφωνα με ερευνητικά δεδομένα επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την ομοιόσταση ενεργώντας ως «χρονομέτρης» του ανθρώπινου σώματος, υπό τον έλεγχο των κεντρικών και περιφερειακών συστημάτων που ρυθμίζουν φυσιολογικές λειτουργίες όπως ο ύπνος, η πείνα και η θερμοκρασία του σώματος (26). Η ημερήσια ενεργειακή δαπάνη μπορεί να επηρεαστεί από την διαταραχή του κirkάδιου ρυθμού και ως εκ τούτου η περαιτέρω διερεύνηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ διαταραχής του κirkάδιου ρυθμού και ενεργειακής ισορροπίας μπορεί να οδηγήσει στον αποτελεσματικότερο σχεδιασμό παρεμβάσεων με στόχο την πρόληψη ή αντιμετώπιση της παχυσαρκίας (26).

Ο BMP αποτελεί την ενέργεια που δαπανάται για τη διατήρηση των βιολογικών διεργασιών σε ολόκληρο το σώμα προκειμένου το άτομο να διατηρηθεί στη ζωή (27). Ένας υγιής άνθρωπος εγκεφαλός χρειάζεται περίπου το 20% των θερμίδων που αντιστοιχούν στο BMP ενώ έρευνες υποδεικνύουν πως η τιμή αυτή μπορεί να αυξηθεί έως και 2 φορές σε ασθενείς με σοβαρή τραυματική εγκεφαλική βλάβη (27).

Για να γίνει αξιολόγηση του BMP χρησιμοποιούμε έμμεση θερμιδομετρία, με τη μέτρηση να πραγματοποιείται τις πρώτες πρωινές ώρες μετά από ολονύχτια νηστεία (27). Βασικός παράγοντας για την μεταβλητότητα BMP από άτομο σε άτομο είναι η άλυπη σωματική μάζα, η οποία φαίνεται να επηρεάζει σε ποσοστό 50 έως 70% τις θερμίδες του BMP (27). Επιπλέον, η μεταβλητότητα του BMP αποδίδεται και σε βιολογικούς ή κληρονομικούς παράγοντες (27). Η τροφογενής θερμογένεση εκφράζει την ενεργειακή δαπάνη που χρειάζεται ο οργανισμός για την επεξεργασία και αποθήκευση των τροφών (28). Έρευνες έχουν δείξει πως τόσο η ποσότητα όσο και η συχνότητα των γευμάτων παρουσιάζουν θετική συσχέτιση με τη θερμογένεση (μεγαλύτερα γεύματα μεγαλύτερη αύξηση θερμογένεσης) (28). Στην μελέτη του Leibel και συνεργάτες διαπιστώνεται ότι η μείωση ή η διατήρηση του σωματικού βάρους σε επίπεδο 10 τοις εκατό ή περισσότερο από το αρχικό βάρος συσχετίστηκε με μείωση της συνολικής ενεργειακής δαπάνης κατά 6 +/- 3 kcal ανά κιλό μάζας την ημέρα στα άτομα που δεν ήταν ποτέ παχύσαρκα, ενώ αντίθετα στα παχύσαρκα άτομα η μείωση της συνολικής ενεργειακής δαπάνης κατά 8 +/- 5 kcal ανά κιλό την ημέρα (29). Επίσης, το φύλο, η ηλικία, η γήρανση, το επίπεδο φυσικής δραστηριότητας και το είδος της δίαιτας επηρεάζουν την τροφογενή θερμογένεση (28).

Η τακτική συμμετοχή σε φυσική δραστηριότητα συμβάλει στον έλεγχο του συνολικού σωματικού βάρους διευκολύνοντας την διατήρηση της ισορροπίας μεταξύ ημερήσιας ενεργειακής δαπάνης (ΕΔ) και ημερήσιας ενεργειακής πρόσληψης (ΕΠ)(11, 30). Αρκετοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι η φυσική δραστηριότητα/άσκηση μπορεί να οδηγήσει μακροχρόνια αύξηση της ΕΔ ανεξάρτητα από το άμεσο ενεργειακό κόστος της κάθε δραστηριότητας ή προπονητικής μονάδας (11). Αντίθετα, σε άλλες μελέτες αναφέρεται πως οι αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις που προκαλούνται από την προπόνηση αποδίδονται κυρίως στο άμεσο ενεργειακό κόστος της άσκησης και όχι στη χρόνια αύξηση της ημερήσιας ΕΔ (11). Η ενεργειακή δαπάνη μπορεί να διατηρηθεί παρά την απώλεια σωματικού βάρους αρκεί να αυξηθεί η φυσική δραστηριότητα (31). Ο συνδυασμός καρδιοαναπνευστικής άσκησης και άσκησης με αντιστάσεις μπορεί να συμβάλει αποτελεσματικά στη διατήρηση του βασικού μεταβολικού ρυθμού και της ΕΔ δραστηριότητας και σε περιόδους μειωμένης θερμιδικής πρόσληψης, παρά την απώλεια σωματικού βάρους, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στην διατήρηση της άλιπης σωματικής μάζας (31).

Η Casanova και συνεργάτες σε αυτή την ανασκόπηση εξετάζουν τις μεταβολικές προσαρμογές που συμβαίνουν ως απόκριση στο αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο. Επισημαίνει πως το παρατεταμένο αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο θα έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια βάρους, με αλλαγές στη σύσταση του σώματος παρόμοιες για διαφορετικές διατροφικές παρεμβάσεις. Επιπρόσθετα το παρατεταμένο αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο σχετίζεται επίσης με αύξηση της ορεξιγονικής ορμής και αλλαγές στα πεπτίδια που σχετίζονται με την όρεξη όπου μπορεί να λειτουργήσουν ως ενδείξεις για αυξημένη πείνα και πρόσληψη τροφής(32).

Η θερμιδική δαπάνη δραστηριότητας περιλαμβάνει την ενέργεια που δαπανάται για οποιαδήποτε δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας, εκτός του ύπνου, όπως περπάτημα μέχρι τη δουλειά, οικιακές δουλειές, κ.α. (33). Έχει βρεθεί πως ακόμη και οι χαμηλής έντασης δραστηριότητες που εκτελούμε στην καθημερινότητα ή στο χώρο εργασίας συμβάλουν στην αύξηση του μεταβολικού ρυθμού και μπορούν να αυξήσουν την καθημερινή συνολική ΕΔ (33). Για παράδειγμα τα επαγγέλματα που σχετίζονται με χειρωνακτική εργασία προκαλούν υψηλότερη ΕΔ συγκριτικά με επαγγέλματα που περιλαμβάνουν μεγάλο καθιστικό χρόνο (33). Η άσκηση, η σωματική δραστηριότητα, η έκθεση στη θερμότητα και η υψηλή πρόσληψη πρωτεϊνών ευνοούν την απώλεια βάρους, ενώ η αύξηση της ενεργειακής δαπάνης(ΕΕ) λόγω έκθεσης στο κρύο ή απώλεια ύπνου συμβάλλουν στην υπερ αντιστάθμιση της ενεργειακής πρόσληψης(ΕΙ). Ανεξάρτητα από τον τύπο του ΕΕ, οι παροδικές αυξήσεις στο μεταβολικό ρυθμό φαίνεται να είναι γενικοί παράγοντες κινδύνου για αύξηση βάρους, επειδή μια επακόλουθη μείωση στις ενεργειακές απαιτήσεις δεν αντισταθμίζεται από την επαρκή προσαρμογή της όρεξης και της ΕΙ(34). Η McNeil Και συνεργάτες εξέτασαν εάν ο περιορισμός έχει επίδραση στην ενεργειακή πρόσληψη ή την ενεργειακή δαπάνη της επομένης ημέρας. Δώδεκα άνδρες και 6 γυναίκες (ηλικία: 23 ± 4 ετών, σωματικό λίπος: $18,8 \pm 10,1\%$) συμμετείχαν σε 3 τυχαιοποιημένες συνεδρίες διασταύρωσης: ομάδα έλεγχου (συνήθεις ώρες ύπνου και αφύπνισης), 50% περιορισμός ύπνου με συγκεκριμένη ώρα αφύπνισης και 50 % περιορισμός ύπνου με καθυστερημένη ώρα ύπνου Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο χρόνος μιας περιόδου περιορισμού ύπνου επηρεάζει τις παραμέτρους του ενεργειακού ισοζυγίου(35).

Συνεπώς η αύξηση της καθημερινής φυσικής δραστηριότητας και η συμμετοχή σε συστηματική άσκηση είναι καθοριστικής σημασίας για τη διατήρηση ή την απώλεια σωματικού βάρους (36). Παρόλο που η καθημερινές δραστηριότητες είναι τις περισσότερες φορές σύντομες σε διάρκεια και χαμηλής έντασης φαίνεται να υπάρχει δώσω-εξαρθώμενη σχέση μεταξύ της φυσικής δραστηριότητας και της απώλειας σωματικού βάρους (36) και συνεπώς η αυξημένη φυσική δραστηριότητα μπορεί να συμβάλει στην μακροπρόθεσμη απώλεια βάρους (36). Όσον αφορά την άσκηση, τόσο η προπόνηση δύναμης όσο και η καρδιοαναπνευστική προπόνηση προκαλούν σημαντική αύξηση της ΕΔ όχι μόνο κατά τη διάρκεια αλλά και μετά το τέλος της συνεδρίας και μπορεί να παραμείνει αυξημένη από ορισμένα λεπτά μέχρι αρκετές ώρες (37). Η ΕΔ κατά την άσκηση επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τα στοιχεία της επιβάρυνσης, δηλαδή από το είδος της άσκησης, την ένταση, την διάρκεια και την ποσότητα. Στην προπόνηση με αντιστάσεις τέτοια στοιχεία είναι η ταχύτητα εκτέλεσης, ο αριθμός των σετ, ο αριθμός επαναλήψεων, ο συνολικός προπονητικός όγκος και το διάστημα ανάπαυσης μεταξύ των σετ και των ασκήσεων. Αντίστοιχα, η ταχύτητα κίνησης, η διάρκεια, το μοτίβο κίνησης (συνεχόμενο vs διαθεματικό) και το διάστημα ανάπαυσης καθορίζουν τη θερμιδική δαπάνη σε πρωτόκολλα καρδιοαναπνευστικής άσκησης (37).

Η συνολική ΕΔ της άσκησης αποτελεί το άθροισμα της ενέργειας που δαπανάται από (i) το οξειδωτικό σύστημα, (ii) το γλυκολυτικό σύστημα κατά τη διάρκεια της άσκησης καθώς και (iii) την ενέργεια που δαπανάται στο διάστημα περίσσειας κατανάλωσης οξυγόνου μετά το τέλος αυτής. Για την εκτίμηση της ενέργειας που δαπανάται από το οξειδωτικό σύστημα αλλά και στη φάση περίσσειας κατανάλωσης οξυγόνου χρησιμοποιείται έμμεση θερμιδομετρία, κατά την οποία καταγράφεται η κατανάλωση οξυγόνου μέσω αναλυτή αερίων η οποία στη συνέχεια μετατρέπεται σε θερμίδες (38). Για τον υπολογισμό της ενεργειακής δαπάνης του γλυκολυτικού συστήματος χρησιμοποιείται η μεταβολή του γαλακτικού μετά την άσκηση η οποία στη συνέχεια μετατρέπεται αρχικά σε κατανάλωση οξυγόνου σύμφωνα με την εξίσωση $\Delta \text{Lac} = \text{Lac}_{(\text{τιμή μετά την άσκηση})} - \text{Lac}_{(\text{τιμή μετά την άσκηση})} \times \text{σωματικό βάρος (κιλά)} \times 3.0 \text{ ml οξυγόνου}$, και έπειτα η κατανάλωση οξυγόνου που θα προκύψει μετατρέπεται σε θερμιδική δαπάνη.

Ο Nakagata και συνεργάτες εξέτασαν το ενεργειακό κόστος σε ασκήσεις με το βάρος του σώματος σε διαφορετικές συχνότητες (1, 2, 3, 4, 5 και 6 επαναλήψεις·) Μετρήθηκε η κατανάλωση οξυγόνου χρησιμοποιώντας έμμεση θερμιδομετρία. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η μικτή ΕΕ αυξήθηκε γραμμικά με τη συχνότητα επανάληψης. Το ενεργειακό κόστος ήταν σημαντικά μεγαλύτερο στην περίπτωση του push-up από ότι στην περίπτωση του squat {squat: 0,50 ± 0,14 kcal , 0,42-0,58), push-up: 0,77 ± 0,20 kcal , 0,66–0,88); Ενώ το σήκωμα της φτέρνας προκάλεσε το χαμηλότερο ενεργειακό κόστος: 0,13 ± 0,04 kcal , 0,11–0,15)(39). Η Ciprandi και συνεργάτες εξέτασαν αν οι ακόλουθοι παράγοντες μπορεί να οδηγήσουν σε διαφορετικές εκτιμήσεις του ενεργειακού κόστους , διαδικασία και διάρκεια μέτρησης πρόσληψης οξυγόνου κατά την άσκηση, μέτρηση πρόσληψης οξυγόνου κατά την ανάκαμψη, εκτίμηση της αναερόβιας γαλακτικής συνεισφοράς, αναπνευστική αναλογία ανταλλαγής (RER) στον υπολογισμό και την ένταση της άσκησης.. Τα αποτελέσματα αποκάλυψαν ότι διαφορετικές μέθοδοι υπολογισμού του ενεργειακού κόστους απέδωσαν σημαντικά διαφορετικά αποτελέσματα, ιδιαίτερα σε επίπεδα υψηλής έντασης(40). Στην Συστηματική ανασκόπηση και μετά-ανάλυση του Allegretti και συνεργάτες εξέτασαν ποια μεταβλητή είναι η πιο σημαντική ,ο όγκος ή η ένταση της προπόνησης. Για παράδειγμα ο αριθμός των σετ, οι επαναλήψεις ή το συνολικό φορτίο θα συμβάλει περισσότερο για τη μεγιστοποίηση της ΕΕ κατά τη διάρκεια προπόνησης δύναμης ST. Η μετά-ανάλυση έδειξε σημαντική επίδραση στην αύξηση της ΕΕ, η οποία ευνοεί το TT (total body training)σε σύγκριση με το CT (traditional split training) [-0.99 (95%CI: -1.96, -0.02), P<0.01] με I2 89% (P<0,01)(41). Ο Hall και συνεργάτες σύγκριναν τις δημοσιευμένες εξισώσεις πρόβλεψης για την ενεργειακή δαπάνη του περπατήματος και του τρεξίματος σε σύγκριση με μετρούμενες εργαστηριακές τιμές. Η ενεργειακή δαπάνη μετρήθηκε μέσω έμμεσης θερμιδομετρίας σε 24 άτομα ενώ περπατούσαν (1,41 m.s(-1)) και έτρεχαν (2,82 m.s(-1)) 1600 m στον διάδρομο. Μια υποομάδα πραγματοποίησε επίσης το τρέξιμο/περπάτημα 1600 μέτρων στον στίβο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το τρέξιμο απαιτούσε περισσότερη ενέργεια (P < 0,01) για 1600 μέτρα από το περπάτημα (διάδρομος: τρέξιμο

481 +/- 20,0 kJ, περπάτημα 340 +/- 14 kJ, στίβος : τρέξιμο 480 +/- 23 kJ, περπάτημα 334 +/- 14 kJ). Επιπρόσθετα , η εξίσωση Leger και το μοντέλο πρόβλεψης ACSM φαίνεται να είναι τα καταλληλότερα για την πρόβλεψη της τρέχουσας ενεργειακής δαπάνης για το τρέξιμο. Η εξίσωση πρόβλεψης ACSM και Pandolf προβλέπουν επίσης στενά την ενεργειακή δαπάνη βάδισης, ενώ ο πίνακας του McArdle ή οι εξισώσεις των Epstein και van der Walt δεν ήταν τόσο ισχυροί προγνωστικοί παράγοντες της ενεργειακής δαπάνης (11). Ο Tucker και συνεργάτες αναφέρουν την αυξημένη μετά την άσκηση κατανάλωση οξυγόνου (EPOC) που οφείλεται σε υψηλής έντασης διαλείπουσα άσκηση ή άσκηση μεγαλύτερης διάρκειας και σταθερού ρυθμού .Η υψηλότερη περίσσεια οξυγόνου(EPOC) μετά από διαλείπουσα άσκηση μπορεί να συμβάλλουν σε μεγαλύτερη απώλεια λίπους σε σύγκριση με συνεχή και σταθερή άσκηση (SSE)(42).

Σε αυτή την ανασκόπηση ο GORAN επισημαίνει πως ο μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό της ημερήσιας ενεργειακής δαπάνης ενώ παράλληλα η ενεργειακή δαπάνη που σχετίζεται με τη σωματική δραστηριότητα είναι η πιο μεταβαλλόμενη μεταβλητή. Συγχρονικές μελέτες σε παιδιά και ενήλικες έχουν δείξει ότι η ενεργειακή δαπάνη, συμπεριλαμβανομένης της ενεργειακής δαπάνης δραστηριότητα, είναι παρόμοια είτε σε παχύσαρκους είτε σε αδύνατα άτομα . Η κύρια εξαρτημένη μεταβλητή που πρέπει να εξεταστεί σε σχέση με την αιτία της παχυσαρκίας δεν είναι η ενεργειακή δαπάνη αλλά η αλλαγή στο ενεργειακό ισοζύγιο που προκαλείτε με την πάροδο του χρόνου καθώς και η ικανότητα ρύθμισης των ενεργειακών αποθεμάτων του σώματος από αδύνατα άτομα σε σχέση με παχύσαρκα άτομα (43).

Δεδομένου ότι η αύξηση της ενεργειακής δαπάνης σε παχύσαρκα και υπέρβαρα άτομα μέσω άσκησης και φυσικής δραστηριότητας αποτελεί βασικό στόχο για τους επαγγελματίες υγείας, η γνώση της θερμιδικής δαπάνης που προκαλείται από την εφαρμογή διαφόρων πρωτοκόλλων άσκησης και δραστηριοτήτων αποτελεί πολύτιμη πληροφορία για τον αποτελεσματικό σχεδιασμό και υλοποίηση προγραμμάτων άσκησης.

2.3. Μέτρηση της ενεργειακής δαπάνης σε ασκήσεις με ιατρικές μπάλες

Προηγούμενες μελέτες εξέτασαν την θερμιδική δαπάνη που προκαλείται κατά τη διάρκεια εκτέλεσης πρωτοκόλλων λειτουργικής άσκησης. Συγκεκριμένα, οι Williams και συν. εξέτασαν τη θερμιδική δαπάνη κατά την εκτέλεση δυο διαφορετικών πρωτοκόλλων άσκησης: α) πρωτόκολλο υψηλής έντασης διαλειμματικής μορφής άσκησης με kettlebell (KB-HIIT) και β) πρωτόκολλο διαλειμματικής μορφής σπριντ στο ποδήλατο (sprint interval cycling, SIC) (44). Ο μέσος όρος της καρδιακής συχνότητας του πρωτοκόλλου KB-HIIT ήταν 149 παλμοί/λεπτό ενώ στο SIC ήταν 139. Η συνολική ΕΔ στο πρωτόκολλο KB-HIIT ήταν 6,56 kcal στο SIC ήταν 7.34(45). Στην έρευνα Farrar et al. Αξιολογήθηκε η κατανάλωση

οξυγόνου σε μία δοκιμασία 12 λεπτών εκτελώντας μια μόνο άσκηση με ένα 16-kg kettlebell (46). Οι ασκούμενοι έπρεπε να εκτελέσουν με των δικό τους ρυθμό (κατά μέσο όρο 12 επαναλήψεις το λεπτό) την άσκηση kettlebell swings ,ο στόχος ήταν να ολοκληρώσουν όσο το δυνατόν περισσότερες ταλαντεύσεις. Ο καρδιακός ρυθμός και η $\dot{V}O_2$ καταγραφόταν συνεχώς κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης (46). Τα αποτελέσματα έδειξαν πως ο μέσος αριθμός των ταλαντώσεων ήταν 265 κατά την διάρκεια των δώδεκα λεπτών ή 22,6 ταλαντώσεις /λεπτό (46). Η $\dot{V}O_2$ κατά μέσο όρο ήταν $34,31 \pm 5,67 \text{ ml kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$ ($65,3 \pm 9,8\%$ του $\dot{V}O_{2\max}$) κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης (46). Το μέσο RER κατά τη διάρκεια της άσκησης ήταν $1,00 \pm 0,05$. Το HR ήταν $165 \pm 13 \text{ b min}^{-1}$ ($86,8 \pm 6,0\%$ του $HR_{\max}$). Η μέση $\% HR_{\max}$ κατά την άσκηση με kettlebell ήταν σημαντικά υψηλότερο ($p < 0,001$) από το μέσο $\% \dot{V}O_{2\max}$.

Ο Wills και συνεργάτες εξέτασαν εάν η λειτουργική προπόνηση υψηλής έντασης (HIFT) μπορεί να προσφέρει μια χρονικά αποδοτική εναλλακτική αερόβια άσκηση. Έτσι, πρωταρχικός στόχος ήταν η αντικειμενική μέτρηση της ενεργειακής δαπάνης και της έντασης των προπονήσεων HIFT. Η ενεργειακή δαπάνη αξιολογήθηκε σε 20 ενήλικες (18-50 ετών, 50% γυναίκες). Αξιολογήθηκαν η κατανάλωση οξυγόνου των συμμετεχόντων, ο καρδιακός ρυθμός και η φυσική δραστηριότητα (Acti Graph GT3X+). Υπολογίστηκε ο μέσος όρος kcal ανά λεπτό, τα METs, και οι συνολικές kcal ανά προπονητική μονάδα καθώς και το ποσοστό μέγιστου καρδιακού ρυθμού ($HR_{\max}$). Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης μεταφραζόμενη σε MET κυμαίνονταν από 5,5 έως 11,6 για την πλήρη προπονητική μονάδα (συμπεριλαμβανομένης της προθέρμανσης και της αποθεραπείας). Το $HR_{\max}$ των συμμετέχοντος ήταν $\sim 80\%$ (εύρος: 69%-100%). Η μέση ενεργειακή δαπάνη ήταν $\sim 485 \text{ kcal}$ ανά συνεδρία ($\sim 1400 \text{ kcal/εβδομάδα}$) (47). Ο Smith και συνεργάτες εξέτασαν εάν η λειτουργική προπόνηση υψηλής έντασης (HIFT) παρέχει καρδιοαναπνευστικές προσαρμογές και προσαρμογές δύναμης σε συνδυασμό με το πλεονέκτημα του χρόνου. Σε δεκατρείς άνδρες και γυναίκες με μεταβολικό σύνδρομο (MetS), μετρήθηκε η ενεργειακή δαπάνη με έμμεση θερμιδομετρία όσο και τα επίπεδα γαλακτικού στο αίμα. Η αξιολόγηση περιλάμβανε την μέτρηση μιας μόνο συνεδρίας HIFT. Η συνεδρία HIFT περιλάμβανε τέσσερα σετ διαδοχικών λειτουργικών ασκήσεων διάρκειας 6 λεπτών. Η συνολική EE της ομάδας ήταν $270,3 \pm 77,3 \text{ kcal}$. Η $\dot{V}O_2$ κυμαινόταν μεταξύ $88,8 \pm 12,3\%$ και $99 \pm 12\%$ του δεύτερου ουδού αερισμού (VT_2), υποδεικνύοντας έντονη προσπάθεια. Μετά το τέλος κάθε 6 λεπτού η μέγιστη τιμή γαλακτικού αίματος κυμαινόταν μεταξύ $7,9 \pm 1,9$ και $9,3 \pm 2,9 \text{ mmol}$, και αίσθηση της υποκειμενικής κόπωσης μεταξύ $6,9 \pm 1,0$ και $8,7 \pm 0,8$ σε κλίμακα από 1-10. Συμπερασματικά, το HIFT προκαλεί τα οφέλη της άσκησης που χρειάζονται τα άτομα με MetS (48). Ο Mayhew στην μελέτη, του εξέτασε τη κατανάλωση οξυγόνου και την ενεργειακή δαπάνη του υπομέγιστου τρεξίματος σε διάδρομο. Αξιολογήθηκαν 9 άνδρες δρομείς αποστάσεων, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η σχέση κατανάλωσης οξυγόνου--ταχύτητα τρεξίματος ήταν

πολύ σημαντική ($r = 0,917$) και γραμμική σε ολόκληρο το αερόβιο εύρος. Η ενεργειακή δαπάνη των 0,97 Kcal/kg/k που καταγράφηκαν συμφωνούσαν με τις τιμές που βρέθηκαν στη βιβλιογραφία και ήταν ανεξάρτητο από την ταχύτητα τρεξίματος. Η ενεργειακή δαπάνη ανά μονάδα απόστασης και χρόνου αυξήθηκε με την επιτάχυνση στην ταχύτητα τρεξίματος (49).

Ο σκοπός της μελέτης του Hagan και συνεργάτες ήταν να συγκρίνει εξισώσεις γραμμικής και καμπυλόγραμμης παλινδρόμησης που συσχετίζουν την πρόσληψη οξυγόνου και τη ενεργειακή δαπάνη σε σχέση με την ταχύτητα τρεξίματος και να εξετάσει τις επιπτώσεις της ηλικίας, του φύλου και της μέγιστης αερόβιας ισχύος. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως το φύλο η ηλικία και η μέγιστη αερόβια ισχύς δεν επηρέασαν τις σχέσεις μεταξύ της πρόσληψης οξυγόνου, της ενεργειακής δαπάνης και της ταχύτητας τρεξίματος. Τέλος αυτές οι εξισώσεις εκφράζουν καλύτερα τη σχέση πρόσληψης οξυγόνου και κατανάλωσης ενέργειας με την ταχύτητα λειτουργίας(50). Μετά την άσκηση υπάρχει μια αυξημένη πρόσληψη οξυγόνου που ονομάζεται περίσσεια οξυγόνου (EPOC). Ενώ ορισμένες μελέτες έχουν δείξει ότι το EPOC μπορεί να διαρκέσει αρκετές ώρες μετά την άσκηση άλλες συμπεραίνουν ότι το EPOC είναι παροδικό και ελάχιστο. Η απουσία παρατεταμένου EPOC μετά την άσκηση φαίνεται να είναι ένα σταθερό εύρημα σε μελέτες με χαμηλή ένταση ή/και διάρκεια άσκησης. Το μέγεθος του EPOC μετά από αερόβια άσκηση εξαρτάται σαφώς τόσο από τη διάρκεια όσο και από την ένταση της άσκησης. Έχει βρεθεί μια καμπυλόγραμμη σχέση μεταξύ του μεγέθους του EPOC και της έντασης ενώ η σχέση μεταξύ της διάρκειας της άσκησης και του μεγέθους του EPOC φαίνεται να είναι πιο γραμμική ειδικά σε υψηλότερες εντάσεις. Επίσης, στην άσκηση με αντιστάσεις η υψηλή ένταση σχετίζεται με την μεγαλύτερη διάρκεια του (EPOC). Τέλος, το επίπεδο της φυσική κατάσταση και το φύλο μπορεί να επηρεάσουν το μέγεθος του EPOC)(51)Το γαλακτικό οξύ για μεγάλο χρονικό διάστημα θεωρήθηκε ως απόβλητο προϊόν του μεταβολισμού και ο ένοχος πίσω από τη μυϊκή κόπωση, όμως τα τελευταία χρόνια αναγνωρίστηκε ως σημαντικό καύσιμο για πολλά κύτταρα. Πρόσφατα, εκτός από αυτόν τον μεταβολικό ρόλο, η ανακάλυψη ενός συγκεκριμένου υποδοχέα προκάλεσε επανεξέταση του ρόλου του και το γαλακτικό οξύ θεωρείται πλέον ως ένα είδος ορμόνης (52). Στην προπόνηση με αντιστάσεις, η ένταση του φορτίου υπολογίζεται συνήθως ως το ποσοστό μιας μέγιστης επανάληψης (1RM)). Ορισμένες μελέτες έχουν προτείνει την ένταση του κατωφλίου γαλακτικού οξέος (LT) ως βέλτιστη προσέγγιση για ταυτόχρονη προπόνηση καρδιοαναπνευστικής αντοχής και μυϊκής δύναμης (53). Τέλος, η ποσότητα συσσώρευσης γαλακτικού οξέος στο αίμα και τους μύες επηρεάζεται από τη διατροφή, τη φυσική κατάσταση, τον τύπο και τη διάρκεια της άσκησης(54).

Ο Bransford και συνεργάτες εξέτασαν την σχέση ταχύτητας τρεξίματος και ενεργειακού κόστους μεταξύ των ακόλουθων τεσσάρων ομάδων: εκπαιδευμένοι άνδρες δρομείς αποστάσεων, προπονημένες γυναίκες δρομείς αποστάσεων, μη προπονημένοι αλλά δραστήριοι άνδρες και μη προπονημένες αλλά δραστήριες γυναίκες. Η εξίσωση γραμμικής παλινδρόμησης χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της

σχέσης μεταξύ Vo₂ και ταχύτητας λειτουργίας για κάθε ομάδα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο ρυθμός αύξησης του Vo₂ για μια δεδομένη αύξηση της ταχύτητας τρεξίματος θα μπορούσε να αναπαρασταθεί ως ευθεία γραμμή και ήταν ο ίδιος για όλες τις ομάδες ($P > 0,05$). Οι εκπαιδευμένοι άνδρες δρομείς είχαν σημαντικά χαμηλότερο Vo₂ ($P < 0,05$) από εκείνους των άλλων τριών ομάδων σε οποιαδήποτε μετρημένη ταχύτητα. Οι προπονημένες γυναίκες και οι δραστήριοι άνδρες είχαν σημαντικά χαμηλότερα Vo₂s από τις μη προπονημένες γυναίκες (P λιγότερο από 0,05) σε οποιοδήποτε από τα δεδομένο εύρος ταχυτήτων. συμπερασματικά υπάρχουν διαφορές στο κόστος οξυγόνου του τρεξίματος όχι μόνο μεταξύ των προπονημένων και μη προπονημένων ομάδων αλλά και μεταξύ ανδρών και γυναικών(55)

Η έρευνα του Latzel και συνεργάτες προσδιόρισαν το κατώφλι γαλακτικού οξέος (LT) και το πρώτο κατώφλι αερισμού (VT1) σε ένα τεστ διαβαθμισμένης αντίστασης μισού squat καθώς και να εξετάσει εάν και τα δύο κατώφλια παράγονται με τον ίδιο φόρτο εργασίας. Είκοσι τέσσερις νεαροί άνδρες ολοκλήρωσαν δύο προπονητικές μονάδες με διαφορά 48 ωρών. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως Το LT και το VT1 εντοπίστηκαν στην ίδια ένταση άσκησης κατά τη διάρκεια της δοκιμής αυξητικού φορτίου. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο αλγορίθμου, τα LT και VT1 -VE υπολογίστηκαν σε $24,8 \pm 4,8\%$ 1RM ($50,6 \pm 10,5$ kg) και $23,7 \pm 4,8\%$ 1RM ($48,4 \pm 10 \cdot 0$ kg), αντίστοιχα (56).

Ωστόσο, μέχρι σήμερα δεν έχει εξεταστεί η ΕΔ κατά τη διάρκεια εκτέλεσης διαφόρων ασκήσεων με ιατρικές μπάλες. Οι ασκήσεις με ιατρική μπάλα είναι ευρέως διαδεδομένες στους αθλητικούς χώρους ,όχι μόνο επειδή προσφέρει μια πληθώρα από επιλογές ασκήσεων αλλά και επειδή προσφέρει αρκετές επιλογές στο μέγεθος και το βάρος της μπάλας. Είναι ασκήσεις που μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες και αθλητών αλλά και ασκούμενων αναψυχής. Η γνώση της θερμιδικής δαπάνης για τις περισσότερες από τις ασκήσεις με medicine balls θα δώσει την δυνατότητα αποτελεσματικότερων προγραμμάτων άσκησης σύμφωνα με τις εξατομικευμένες ανάγκες των ασκούμενων. Συνεπώς η ιδέα της ύπαρξης ενός ολοκληρωμένου εγχειριδίου θερμιδικής δαπάνης με ασκήσεις από διάφορα όργανα γυμναστικής, θα ήταν ένα χρήσιμο εξτρά εφόδιο για την υλοποίηση αποτελεσματικότερων προγραμμάτων της άσκησης. Κρίθηκε λοιπόν σημαντική η υλοποίηση της παρούσας μελέτης αφενός για να καλύψει το κενό της βιβλιογραφίας αφετέρου να ανοίξει τον δρόμο σε επόμενους ερευνητές .

3. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

3.1. Σκοπός

Σκοπός της παρούσης έρευνας ήταν να υπολογισθεί η θερμιδική δαπάνη ασκήσεων μυϊκής ενδυνάμωσης με Medicine Balls , εκτελώντας ένα πρωτόκολλο 14 ασκήσεων: ρολάρισμα σε ύπτια θέση χωρίς ρίψη , medicine ball swings , medicine ball squat to overhead press ,medicine ball forward lunge , medicine ball overhead press to rdl , rotational medicine ball ,medicine ball jack press, ρολάρισμα σε ύπτια θέση και

ρίψη , medicine ball reverse scoop toss , medicine ball slams ,medicine ball step overhead and throw ,medicine ball slams to rdl ,rotational medicine ball throw ,medicine ball jumping overhead press and throw)σε δύο διαφορετικές συνθήκες άσκησης, εκτέλεση της συνθήκης χωρίς ρίψη με συνολικά 7 ασκήσεις και εκτέλεση της συνθήκης με ρίψη με συνολικά 7 ασκήσεις . Για την αξιολόγηση της συνολικής ενεργειακής δαπάνης αξιολογήθηκαν και τα τρία συστήματα παραγωγής ενέργειας α)οξειδωτικό σύστημα β)γλυκολυτικό σύστημα γ)περίσσεια οξυγόνου .Τα αποτελέσματα της έρευνας θα μπορέσουν να θέσουν νέες βάσεις στον σχεδιασμό και την υλοποίηση προγραμμάτων άσκησης.

3.2. Υλικό και Μέθοδος

3.2.1 Συμμετέχοντες

Από προκαταρκτική ανάλυση ισχύος που πραγματοποιήθηκε (probability error: 0.05, power: 0.85, effect size: 0.30) διαπιστώθηκε ότι ο ελάχιστος αριθμός συμμετεχόντων που απαιτούνται προκειμένου να εντοπιστούν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις κύριες εξαρτημένες μεταβλητές είναι 9 άτομα για τον συγκεκριμένο πειραματικό σχεδιασμό ο οποίος περιελάμβανε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε δυο πειραματικές συνθήκες και 5 χρονικές στιγμές μέτρησης. Αντίστοιχα, στην παρούσα μελέτη έλαβαν μέρος 10 άτομα, 5 άνδρες και 5 γυναίκες, ηλικίας 18-25 ετών. Όλοι οι συμμετέχοντες ήταν αθλητές αναψυχής οι οποίοι πραγματοποιούσαν άσκηση σε χώρους γυμναστηρίων τουλάχιστον 3-4 φορές την εβδομάδα. Αρχικά, οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν για τον σκοπό, τα οφέλη αλλά και τους κινδύνους της μελέτης και στη συνέχεια συμπλήρωσαν ερωτηματολόγιο ιατρικού ιστορικού και δήλωσαν ενυπόγραφα τη συμμετοχή τους στην μελέτη. Για την ένταξή τους στη μελέτη τηρήθηκαν τα παρακάτω κριτήρια εισαγωγής: α) να είναι υγιείς (χωρίς καμία χρόνια νόσο ή μυοσκελετικούς τραυματισμούς), β) νεαροί ενήλικες (18-35 ετών) γ) απουσία φαρμακευτικής αγωγής για τουλάχιστον έξι μήνες πριν την έναρξη της μελέτης αλλά και κατά την διάρκεια αυτής δ) διακοπή της κατανάλωσης αλκοόλ κατά τη διάρκεια της μελέτης και διακοπή λήψης οποιουδήποτε συμπληρώματος διατροφής τουλάχιστον για ένα μήνα πριν την έναρξη της μελέτης και κατά τη διάρκεια αυτής, ε) να μην ακολουθούν πρόγραμμα νηστείας. Η μελέτη εγκρίθηκε από την Εσωτερική Επιτροπή Δεοντολογίας του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Αριθμ. Πρωτ: 1894) και δηλώθηκε στην διεθνή βάση καταχώρησης κλινικών μελετών ClinicalTrials.gov (ID: NCT05412511).

3.2.2 Πειραματικός σχεδιασμός

Χρησιμοποιήθηκε τυχαιοποιημένος ερευνητικός σχεδιασμός δύο συνθηκών με 7 επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (7 ασκήσεις), όπου όλοι οι συμμετέχοντες έλαβαν μέρος σε όλες τις συνθήκες με τυχαιοποιημένη σειρά. Η πειραματική διαδικασία της μελέτης υλοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις του Κέντρου Αξιολόγησης

Φυσικής Απόδοσης (ΚΕΑΦΑ) του Τ.Ε.Φ.Α.Α. του Π.Θ., και πιο συγκεκριμένα στο εργαστήριο Βιοχημείας, Φυσιολογίας και Διατροφής της Άσκησης (SmArT Lab).

Αρχικά, οι συμμετέχοντες εξοικειώθηκαν με τις επτά ασκήσεις προκειμένου να διασφαλιστεί η άρτια εκτέλεσή τους από πλευράς τεχνικής, εκτελώντας υπό την επίβλεψη μέλους της ερευνητική ομάδας όλες τις ασκήσεις με χαμηλή ή χωρίς επιβάρυνση. Μετά το τέλος της περιόδου εξοικείωσης οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε αξιολόγηση των περιγραφικών τους χαρακτηριστικών πραγματοποιώντας τρεις επισκέψεις στις εγκαταστάσεις του SmArT Lab. Στην πρώτη επίσκεψη υποβλήθηκαν σε αξιολόγηση των ανθρωπομετρικών τους χαρακτηριστικών (σωματικό βάρος και ύψος), της περιφέρειας μέσης και ισχίων και της σύστασης σώματος με χρήση απορροφησιομετρίας ακτινών Χ διπλής ενέργειας με σύστημα DEXA (GE Healthcare, Lunar DPX-NT). Στην δεύτερη επίσκεψη πραγματοποιήθηκε η μέτρηση του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας (RMR), της καρδιακής συχνότητας ηρεμίας και της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας αξιολογώντας τη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_{2max}) κατά τη διάρκεια μέγιστης δοκιμασίας σε κυκλοεργόμετρο. Στα πλαίσια της τρίτης επίσκεψης, οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης τόσο στο άνω (πίεσεις στήθους) όσο και στο κάτω μέρος σώματος (κάθισμα με μπάρα), καθώς και της αντοχής στη δύναμη μέσω των δοκιμασιών κάμψεων και αναδιπλώσεων κορμού.

Μετά την ολοκλήρωση της αξιολόγησης των περιγραφικών χαρακτηριστικών (5 ημέρες μετά την τελευταία επίσκεψή τους), οι συμμετέχοντες έλαβαν μέρος με τυχαιοποιημένη σειρά στις δυο συνθήκες της μελέτης: **(α)** Συνθήκη εκτέλεσης χωρίς ρίψη και **(β)** Συνθήκη εκτέλεσης με ρίψη. Η χρονική διάρκεια για κάθε συνθήκη ήταν επτά διαδοχικές ημέρες, όπου σε κάθε ημέρα οι συμμετέχοντες εκτελούσαν μία μόνο άσκηση, και συγκεκριμένα 1 σετ των 30 δευτερολέπτων. Και στις δυο συνθήκες, η εκτέλεση των ασκήσεων γινόταν με τυχαιοποιημένη σειρά και πάντοτε πρωινές ώρες (08:00 – 11:00). Καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου οι συμμετέχοντες απείχαν από κάθε μορφής έντονη φυσική δραστηριότητα ή προπόνηση.

Κατά την εκτέλεση όλων των ασκήσεων ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία: Με την άφιξή του στο χώρο των μετρήσεων ο/η δοκιμαζόμενος/η παρέμενε αρχικά σε καθιστή θέση για 15 περίπου. Έπειτα, ενώ ο/η δοκιμαζόμενος/η παρέμενε σε καθιστή θέση, πραγματοποιούταν λήψη τριχοειδικού δείγματος αίματος για τη μέτρηση του γαλακτικού οξέος και καταγραφή της καρδιακής συχνότητας ηρεμίας μέσω καρδιοσυχνομέτρου καθώς και της κατανάλωσης οξυγόνου ηρεμίας μέσω φορητού αναλυτή αερίων. Στη συνέχεια εκτελούσε την άσκηση (1 σετ των 30 δευτερολέπτων με ή χωρίς ρίψη, ανάλογα με τη συνθήκη) καθ' όλη τη διάρκεια της οποίας καταγράφονταν η καρδιακή συχνότητα (μέσω καρδιοσυχνομέτρου) και η κατανάλωση οξυγόνου (μέσω αναλυτή αερίων). Μετά την ολοκλήρωση του σετ, ο/η δοκιμαζόμενος/η επέστρεφε στην καθιστή θέση και παρέμενε σε αυτή μέχρις ότου η κατανάλωση οξυγόνου επέστρεφε στα επίπεδα ηρεμίας (απόκλιση $\pm 5\%$) (συνέχιζε να φοράει τον αναλυτή αερίων στο διάστημα αυτό), ενώ

καταγράφονταν και η υποκειμενική αίσθηση της κόπωσης μέσω της κλίμακας Borg. Με τη συμπλήρωση 4 λεπτών από το τέλος της άσκησης πραγματοποιούνταν δειγματοληψία τριχοειδικού αίματος για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος.

3.2.3 Περιγραφή των ασκήσεων με ιατρική μπάλα

Οι δυο συνθήκες περιλάμβαναν την εκτέλεση των ίδιων ασκήσεων, με μόνη διαφορά ότι στη μία συνθήκη οι ασκήσεις εκτελούνταν με ρίψη της ιατρικής μπάλας ενώ στην άλλη χωρίς. Οι ασκήσεις εκτελέστηκαν ήταν οι εξής: (1) Rolling, (2) Swings, (3) Forward lunge, (4) Jack press, (5) Slams, (6) Overhead press to RDL, (7) Rotational. Ο χρόνος εκτέλεσης για την κάθε άσκηση ήταν 30 δευτερόλεπτα. Το βάρος της ιατρικής μπάλας ήταν διαφορετικό μεταξύ των δύο φύλων και ορίστηκε στα 5 kg για τους άντρες και 3 κιλά για τις γυναίκες. Η περιγραφή των ασκήσεων αναλυτικά:

Rolling: Ο ασκούμενος ξαπλωμένος σε ύπτια θέση με τα χέρια και τα πόδια σε πλήρη έκταση, κρατούσε την ιατρική μπάλα στον αέρα. Στη συνέχεια έφερνε τα γόνατα προς το θώρακα τεντωμένα μέχρις ότου η λεκάνη ξεκολλούσε από το έδαφος. Αμέσως μετά επέστρεφε εκρηκτικά με τα πόδια του τεντωμένα προς την αρχική θέση ενώ ταυτόχρονα έκανε κάμψη του κορμού και έκταση των χεριών προς τα πέλματα.

Swings: Ο δοκιμαζόμενος σε όρθια θέση εκτελούσε αιωρήσεις με τη χρήση ιατρικής μπάλας.

Forward lunge: Ο δοκιμαζόμενος εκτελούσε εναλλάξ προβολές με ταυτόχρονη ρίψη της ιατρικής μπάλας πάνω από το κεφάλι.

Jack press: Από όρθια θέση ο δοκιμαζόμενος εκτελούσε προσαγωγή των κάτω άκρων και ανάταση των χεριών πάνω από το ύψος του κεφαλιού με πλήρη έκταση των αγκώνων. Έπειτα πραγματοποιούσε ρίψη της ιατρικής μπάλας.

Slams: Κρατώντας την ιατρική μπάλα πάνω από το ύψος του κεφαλιού ο ασκούμενος από όρθια θέση εκτελούσε ημικάθισμα με ταυτόχρονη ρίψη της ιατρικής μπάλας στο έδαφος.

Overhead press to RDL: Ξεκινώντας από μονοποδική στήριξη με την ιατρική μπάλα στο ύψος του θώρακα ο ασκούμενος εκτελούσε κάμψη ισχίου με το πόδι αιώρησης, ενώ τα χέρια εκτελούσαν πίεση ώμων. Στη συνέχεια το πόδι αιώρησης πραγματοποιούσε έκταση ισχίου, ενώ ταυτόχρονα ο δοκιμαζόμενος εκτελούσε ρίψη της ιατρικής μπάλας στο έδαφος.

Rotational: Έχοντας ως αρχική τοποθέτηση την ιατρική μπάλα στο ύψος του θώρακα ο ασκούμενος από όρθια θέση πραγματοποιούσε εναλλάξ στροφές κορμού και ρίψη της ιατρικής μπάλας.

3.2.4. Περιγραφή των δοκιμασιών

Αξιολόγηση ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών και σύστασης σώματος

Η αξιολόγηση του σωματικού βάρους και ύψους των συμμετεχόντων πραγματοποιήθηκε σε βαθμονομημένο ζυγό με ενσωματωμένο αναστημόμετρο (Beam Balance-Stadiometer, Seca, Vogel & Halke, Hamburg, Germany) με ακρίβεια μισού κιλού (0,5 kg) και μισού εκατοστού (0,5 cm), αντίστοιχα (Draganidis et al., 2018). Οι συμμετέχοντες στεκόντουσαν σε όρθια στάση στο κέντρο του ζυγού φορώντας όσο το δυνατόν λιγότερα ρούχα και χωρίς παπούτσια. Για τη μέτρηση του σωματικού βάρους οι φτέρνες ήταν ενωμένες με τα πέλματα σε γωνία $\sim 60^\circ$ μεταξύ τους και το βάρος ισόποσα μοιρασμένο στα δύο πόδια. Από την ίδια στάση και διατηρώντας τις φτέρνες, τους γλουτούς και το πάνω μέρος της πλάτης σε επαφή με το αναστημόμετρο, πραγματοποιούνταν η μέτρηση του σωματικού ύψους, αφού προηγουμένως οι συμμετέχοντες έπαιρναν μια βαθιά εισπνοή την οποία και διατηρούσαν μέχρι ο εξεταστής να τοποθετήσει τον οριζόντιο οδηγό στο κεφάλι του εξεταζόμενου (συμπιέζοντας τα μαλλιά). Ο υπολογισμός του Δείκτη Σωματικής Μάζας (ΔΣΜ) βασίστηκε στην εξίσωση $\Delta\text{ΣΜ (kg/m}^2\text{)} = \text{σωματικό βάρος (σε κιλά)} / \text{ύψος}^2 \text{ (σε μέτρα)}$. Για την αξιολόγηση της σύστασης σώματος (% σωματικού λίπους, λιπώδης μάζα, άλυπη σωματική μάζα, μυϊκή μάζα) χρησιμοποιήθηκε μηχανήμα απορροφησιομετρίας διπλής δέσμης ακτίνων X (DXA, Lunar DPXNT). Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε ολόσωμη αξιολόγηση με τον εξεταζόμενο σε ύπτια θέση διατηρώντας το σώμα του ευθυγραμμισμένο, τα γόνατα σε έκταση και τα χέρια του παράλληλα δίπλα στο σώμα. Πριν από κάθε αξιολόγηση γινόταν έλεγχος και βαθμονόμηση του μηχανήματος. Για να μετρηθεί η αναλογία μέσης ισχίων μετρήθηκαν χωριστά η περιφέρεια μέσης και περιφέρεια ισχίων και αμέσως μετά διατρέσαμε αυτά τα νούμερα, πιο συγκεκριμένα για να μπορέσουμε να μετρήσουμε την περιφέρεια μέσης χρησιμοποιήσαμε μεζούρα, όπου ο εξεταστής τοποθετούσε την μια άκρη της μεζούρας περίπου 2-3 εκατοστά πάνω από τον αφαλό και τυλίγοντας την μεζούρα χωρίς ιδιαίτερη πίεση στον κορμό κρατούσαμε το νούμερο στο οποίο τεμνόταν η μεζούρα. Ομοίως, για την περιφέρεια ισχίων ο εξεταστής μετρούσε περίπου 3-4 εκατοστά κάτω από το οστό λεκάνης τυλίγοντας την μεζούρα γύρω από τον γλουτό και γινόταν καταγραφή της τιμής στο σημείο όπου τέμνονταν η μεζούρα.

Αξιολόγηση του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας

Για την μέτρηση του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας RMR(Resting Metabolic Rate) οι συμμετέχοντες έπρεπε να προσέλθουν στο χώρο του εργαστηρίου τις πρώτες πρωινές ώρες (ιδανικά 7 – 9 π.μ) , νηστικοί τουλάχιστον 8 ώρες πριν την εξέταση καθώς και να μην έχουν πραγματοποιήσει έντονη αθλητική δραστηριότητα 24 ώρες πριν. Οι συμμετέχοντες αφού έφταναν στο εργαστήριο παρέμεναν καθιστοί για τα επόμενα πέντε λεπτά για να μπορέσουν να έρθουν σε ηρεμία. Αμέσως μετά ο εξεταστής φορούσε στον εξεταζόμενο καρδιοσυχνόμετρο τύπου Polar (παλμογράφος Polar H10) για την συνεχή καταγραφή της καρδιακής συχνότητας σε όλη την διάρκεια της αξιολόγησης. Στην συνέχεια, ο εξεταζόμενος με την βοήθεια του εξεταστή φορούσε την μάσκα του αυτόματου αναλυτή ανταλλαγής αερίων (Vmax Encore 29,

BEBJO296, Yorba Linda, CA, USA) και ξάπλωνε σε ύπτια θέση . Η διαδικασία κρατούσε 40 λεπτά και ο συμμετέχων έπρεπε να μένει ακίνητος και ήρεμος μέχρι και την ολοκλήρωση της μέτρησης. Από τα σαράντα λεπτά τις αξιολόγησης αφαιρούσαμε από την μέτρηση τα πέντε πρώτα λεπτά και τα πέντε τελευταία. Στον χώρο της εξέτασης έπρεπε να επικρατεί απόλυτη ησυχία ώστε ο ασκούμενος να παραμένει ανεπηρέαστος από το γύρω περιβάλλον .

Αξιολόγηση γαλακτικού οξέος

Για την αξιολόγηση του γαλακτικού οξέος χρησιμοποιήθηκε φορητός αναλυτής (Lactate Plus™, Nova Biomedical, USA) συνοδευόμενο με τις ταινίες μιας χρήσης. Η συλλογή αίματος πραγματοποιούνταν από την άκρη του δακτύλου του χεριού (τριχοειδικό αίμα), αφού προηγουμένως το συγκεκριμένο σημείο είχε καθαριστεί με καθαρό οινόπνευμα και είχε σκουπιστεί καλά με βαμβάκι (28). Η μέτρηση τις τιμές του γαλακτικού γινόταν δυο φορές για την εκτέλεση κάθε άσκησης, όπου η αρχική μέτρηση μας έδειχνε την τιμή ηρεμίας (προκειμένου ο ασκούμενος να ξεκινήσει την εκτέλεση της άσκησης έπρεπε να είχε τιμή < 2mmol, ενώ η δεύτερη μέτρηση γινόταν ακριβώς 4 λεπτά μετά την ολοκλήρωση της άσκησης.

Αξιολόγηση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας

Για την αξιολόγηση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας πραγματοποιήθηκε τεστ μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO₂max) με χρήση αυτόματου αναλυτή ανταλλαγής αερίων (Vmax Encore 29, BEBJO296, Yorba Linda, CA, USA) σε κυκλοεργόμετρο. Πριν την έναρξη της αξιολόγησης ο εξεταστής φορούσε στον ασκούμενο καρδιοσυχνόμετρο τύπου Polar (παλμογράφος Polar H10) για την συνεχόμενη καταγραφή της καρδιακής συχνότητας καθώς και την μάσκα του αναλυτή. Στην συνέχεια των ενημέρωνε για την διαδικασία του πρωτοκόλλου και για τα κριτήρια λήξης της δοκιμασίας.

Τηρήθηκαν τα εξής :

- Μέγιστη ταχύτητα τα 70 RPM (Revolutions Per Minute) και ελάχιστη τα 60 RPM (Revolutions Per Minute). Οι ασκούμενοι έπρεπε να βρίσκονται εντός αυτού του ορίου μέχρι την ολοκλήρωση του τεστ.
- Οι ασκούμενοι έκαναν πέντε λεπτά προθέρμανση στο κυκλοεργόμετρο όπου θα γινόταν και το τεστ.
- Η αρχική επιβάρυνση για τους άντρες ήταν το μισό κιλό (0,5 kg) ενώ για τις γυναίκες δεν υπήρχε αρχική επιβάρυνση.
- Και για τα δυο φύλα η πρόσθετη επιβάρυνση τοποθετούνταν αμέσως μετά τα δυο λεπτά από την έναρξη της δοκιμασίας και μετά από το κάθε επόμενο λεπτό. Η πρόσθετη επιβάρυνση για τους άντρες ορίστηκε το 1 κιλό (1kg) ενώ για τις γυναίκες το μισό κιλό (0,5 kg).

- Αξιολόγηση της υποκειμενικής αίσθησης της κόπωσης στο τέλος κάθε σταδίου μέσω της 20βαθμιας κλίμακας Borg.
- Πριν από κάθε μέτρηση πραγματοποιούνταν βαθμονόμηση του αναλυτή με αέρια ακριβείας του εμπορίου (16% O₂, 4% CO₂, 80% N₂).

Η διαδικασία τερματιζόταν όταν οι συμμετέχοντες πληρούσαν τουλάχιστον τρία από τα παρακάτω κριτήρια: (i) εμφάνιση πλάτο στην καμπύλη της πρόσληψης οξυγόνου παρά την αύξηση της αντίστασης (ii) αναπνευστικό πηλίκo > 1.10, (iii) εμφάνιση πλάτο στην καρδιακή συχνότητα, (iv) ο συμμετέχοντας δεν μπορούσε να κρατήσει την ταχύτητα πάνω από τα 60 RPM (v) εξάντληση του συμμετέχοντα (Medicine 2013).

Αξιολόγηση θερμιδικής δαπάνης κατά την άσκηση

Για την αξιολόγηση της συνολικής θερμιδικής δαπάνης κατά την άσκηση υπολογίστηκε η θερμιδική κατανάλωση των τριών συστημάτων ενέργειας σε kcal. (Συνολική Ενεργειακή Δαπάνη Άσκησης = ΕΔ οξειδωτικού συστήματος + ΕΔ γλυκολυτικού συστήματος + ΕΔ περίσσειας οξυγόνου αποκατάστασης EPOC). Η διαδικασία υπολογισμού είχε τα εξής βήματα. Με το που ερχόταν ο συμμετέχων ηρεμούσε για 15' λεπτά καθισμένος σε καρέκλα και παίρναμε μέτρηση γαλακτικού οξέος ηρεμίας, το οποίο έπρεπε να ήταν <2mmol. Στη συνέχεια, αφού ετοιμάσαμε τον ασκούμενο, φόρεσε όλο τον απαραίτητο εξοπλισμό του φορητού αναλυτή αερίων (Vmax Encore 29, BEBJO296, Yorba Linda, CA, USA) και καταγράψαμε την πρόσληψη οξυγόνου ηρεμίας. Η άσκηση μπορούσε να ξεκινήσει όταν το πηλίκo ανταλλαγής αερίων (RER) ήταν <4,0 και η καρδιακή συχνότητα (HR) ήταν σε φυσιολογικά επίπεδα ηρεμίας. Φορώντας τον εξοπλισμό ο ασκούμενος καταγράψαμε την μέτρηση αναπνευστικών αερίων καθ' όλη την διάρκεια της άσκησης. Με το πέρας της άσκησης, ο ασκούμενος παρέμεινε καθιστός σε καρέκλα χωρίς να βγάλει τον εξοπλισμό, όπου στα 4' λεπτά ακριβώς, ξαναπήραμε μέτρηση γαλακτικού οξέος και η καταγραφή των αναπνευστικών αερίων συνεχιζόταν μέχρι ότου η κατανάλωση οξυγόνου του ασκούμενου επανέλθει σε αρχικά επίπεδα ηρεμίας (+/- 5%) της αρχικής τιμής. Επίσης, καταγράφηκε ο συνολικός χρόνος που χρειάστηκε για να επανέλθει. Με το που ήρθε ο ασκούμενος σε κατάσταση ηρεμίας αρχικών επιπέδων, τότε και μόνον αφαιρέθηκε ο αναλυτής αερίων και θεωρούνταν λήξη της δοκιμασίας της άσκησης. Για να υπολογίσουμε την θερμιδική ή ενεργειακή δαπάνη (ΕΔ) των τριών συστημάτων και για τα δύο φύλα, κάναμε τους εξής υπολογισμούς βάσει εξισώσεων:

ΕΔ του οξειδωτικού συστήματος: $(VO_{2\text{άσκησης}} - VO_{2\text{ηρεμίας}} \text{ σε l/min}) \times 21,1 \text{ kJ} / (\text{kJ} / 4,184) = \dots \text{Kcal}$

ΕΔ του γλυκολυτικού συστήματος: $(\Delta \text{lac}(\text{mmol}) \times \text{Body weight}(\text{kg}) \times 3.0 \text{ (ml O}_2\text{)}) = \dots \text{lO}_2 \times 21,1 \text{ kJ} / (\text{kJ} / 4,184) = \dots \text{Kcal}$

ΕΔ του EPOC: $(VO_{2\text{EPOC}} - VO_{2\text{ηρεμίας}}) \times 19,6 \text{ kJ} / (\text{kJ} / 4,184) \times \text{min EPOC} = \dots \text{Kcal}$

Αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης

Για την αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης χρησιμοποιήθηκε ο άμεσος προσδιορισμός της μίας μέγιστης επανάληψης (1ME) στις δύο ακόλουθες ασκήσεις:

Πιέσεις στήθους: Για την εκτέλεση αυτής της άσκησης χρησιμοποιήθηκε πάγκος γυμναστικής με ορθοστάτη και μπάρα ολυμπιακού τύπου (20kg). Αρχικά οι συμμετέχοντες πραγματοποιούσαν προθέρμανση (σε στατικό ποδήλατο) και στη συνέχεια δυναμικές διατάσεις. Έπειτα, εκτελούσαν 5-10 επαναλήψεις με ένταση που αντιστοιχούσε στο 40% της εκτιμώμενης 1ME. Στα στάδια που ακολούθησαν το βάρος αυξανόταν 5 ως 10% , με διάλλειμα μεταξύ των σετ δύο έως τρία λεπτά (2-3min). Όταν ο ασκούμενος έφτανε στις τρεις με τέσσερις μέγιστες επαναλήψεις η αύξηση του βάρους γινόταν με το ίδιο ποσοστό 5 έως 10 % αλλά με μεγαλύτερο διάλλειμα τέσσερα η πέντε λεπτά έως ότου επιτευχθεί η μια μέγιστη επανάληψη.

Κάθισμα: Η δοκιμασία πραγματοποιήθηκε σε ορθοστάτη τύπου Power Rack με παράλληλες μπάρες ασφαλείας και χρήση Ολυμπιακής μπάρας (20 kg). Αρχικά οι συμμετέχοντες πραγματοποιούσαν προθέρμανση (σε στατικό ποδήλατο) και στη συνέχεια δυναμικές διατάσεις. Έπειτα, εκτελούσαν 5-10 επαναλήψεις με ένταση που αντιστοιχούσε στο 40% της εκτιμώμενης 1ME. Στα στάδια που ακολούθησαν το βάρος αυξανόταν 10 έως 20% , με διάλλειμα μεταξύ των σετ δύο έως τρία λεπτά (2-3min). Όταν ο ασκούμενος έφτανε στις τρεις με τέσσερις μέγιστες επαναλήψεις η αύξηση του βάρους γινόταν με το ίδιο ποσοστό 5 έως 10 % αλλά με μεγαλύτερο διάλλειμα τέσσερα η πέντε λεπτά έως ότου επιτευχθεί η μια μέγιστη επανάληψη.

Αξιολόγηση της μυϊκής αντοχής

Για την αξιολόγηση της μυϊκής αντοχής χρησιμοποιήθηκαν δύο ασκήσεις με χρονική διάρκεια 30 δευτερολέπτων η κάθε μία Α) κάμψεις (push ups) , Β) κάμψεις κορμού (crunches).

Οι ασκούμενοι, μετά την άφιξη τους στον χώρο διεξαγωγής του τέστ, πραγματοποίησαν 10 λεπτά ζέσταμα και αμέσως μετά ο εξεταστής έδειξε για μια τελευταία φορά τα κινητικά πρότυπα των ασκήσεων με σκοπό την υπενθύμιση της σωστής εκτέλεσης.

Κάμψεις: Αρχικά ορίσαμε την θέση Α ως θέση εκκίνησης και την θέση Β το σημείο όπου η επανάληψη θα ήταν επιτυχής. Στη θέση Α ο ασκούμενος βρίσκεται σε θέση σανιδάς, οι παλάμες ακουμπούν στο έδαφος και βρίσκονται λίγο έξω από τη νοητή ευθεία του θώρακα, ο κορμός είναι τεντωμένος ενώ η στήριξη στα πόδια είναι στις μύτες. Στη θέση Β ο θώρακας έχει απόσταση από το έδαφος περίπου 3 εκατοστά, ο κορμός παραμένει τεντωμένος καθ' όλη τη διάρκεια των κινήσεων, οι αγκώνες είναι λυγισμένοι δείχνοντας

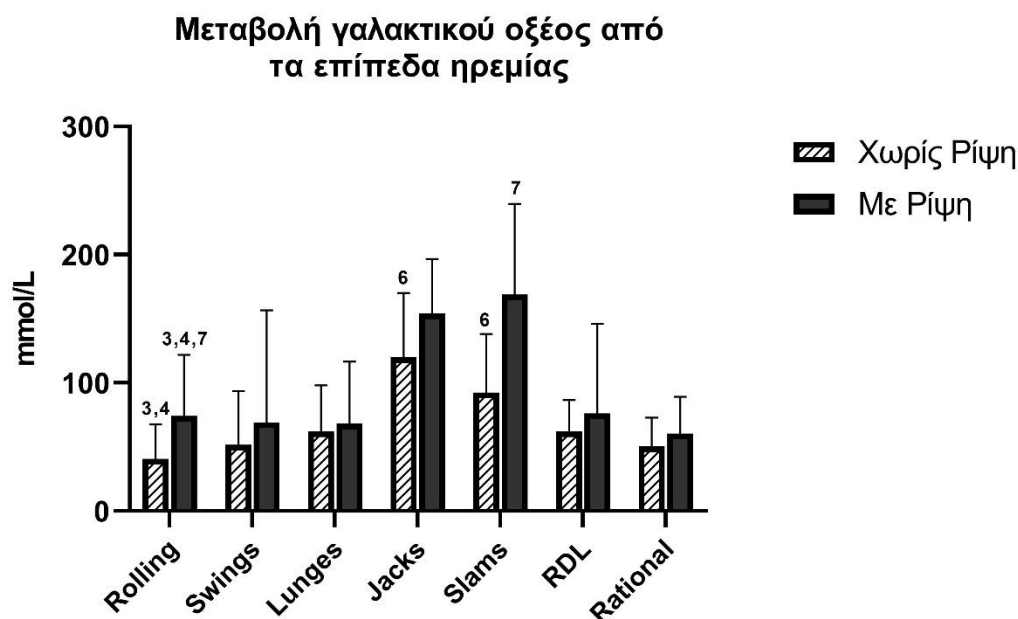
ελαφρώς προς τα έξω. Ο αριθμός των έγκυρων επαναλήψεων είναι η σωστή εκτέλεση από την Α θέση στη Β και πάλι στην Α.

Κοιλιακοί: Αρχικά πάνω στο στρώμα όπου θα γινόταν η αξιολόγηση τοποθετήθηκαν δύο χαρτοταινίες παράλληλα μεταξύ τους με απόσταση η μία από την άλλη 12 εκατοστά. Ο εξεταζόμενος από ύπτια θέση με λυγισμένα γόνατα σε 90 Μοίρες τοποθετούσε τα χέρια του στην πρώτη ταινία (θέση Α). Αμέσως μετά έπρεπε να κάνει κάμψη κορμού και τα χέρια του να ακουμπούν την επόμενη ταινία που είχε τοποθετηθεί (θέση Β). Ορίστηκε η θέση Α ως θέση εκκίνησης και η θέση Β ως η επιθυμητή θέση ορθής εκτέλεσης της άσκησης, κρατήθηκε χρόνος 30 δευτερολέπτων και ο εξεταστής μετρούσε τις σωστές επαναλήψεις εκτελούμενες από τη θέση Α στη θέση Β και πάλι στη θέση Α.

3.3. Αποτελέσματα

Μεταβολή γαλακτικού οξέος.

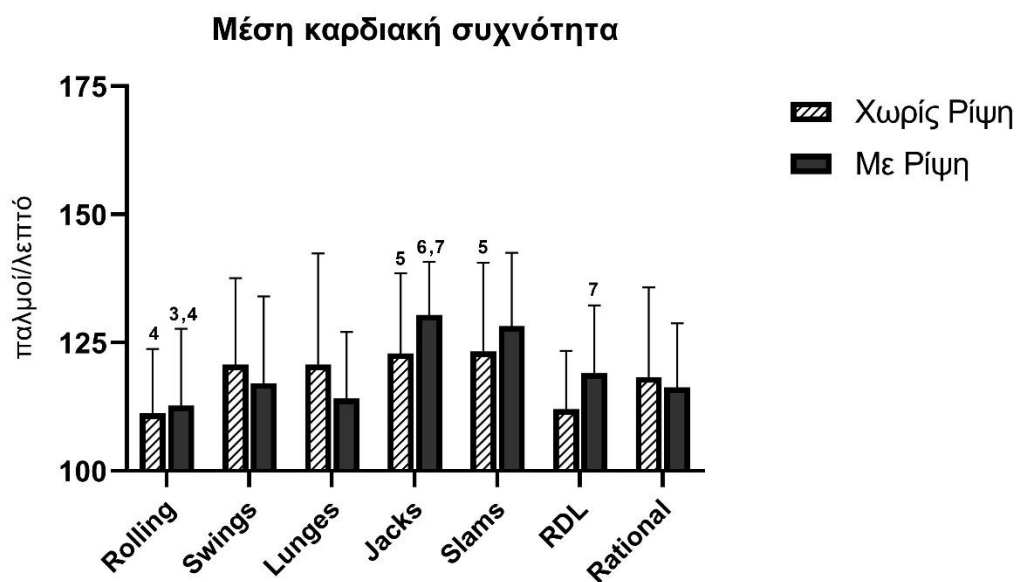
Οι επτά ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν προκάλεσαν σημαντική αύξηση του γαλακτικού οξέος από 40% έως 119% στη συνθήκη χωρίς ρίψη και από 60% έως 168% στη συνθήκη με ρίψη. Στην συνθήκη χωρίς ρίψη η εκτέλεση της άσκησης Rolling προκάλεσε μικρότερη αύξηση του γαλακτικού συγκριτικά με τις ασκήσεις Jacks και Slams, ενώ η εκτέλεση των ασκήσεων Jacks και Slams προκάλεσε μεγαλύτερη αύξηση γαλακτικού από την άσκηση Rotational. Στη συνθήκη ρίψης, η εκτέλεση της άσκησης Rolling προκάλεσε μικρότερη αύξηση του γαλακτικού συγκριτικά με τις ασκήσεις Jacks και Slams. Επιπλέον, στις ασκήσεις Rolling και Slams η συνθήκη ρίψης προκάλεσε μεγαλύτερη αύξηση γαλακτικού από την συνθήκη μη ρίψης με ποσοστά (83,2) και (82,9) αντίστοιχα.



Σχήμα 1. Μεταβολή της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος (Γαλακτικό_{μετά την άσκηση} – Γαλακτικό_{ηρεμίας}) στο αίμα στις επτά ασκήσεις των δυο συνθηκών. ³Σημαντική διαφορά με την άσκηση Jacks στη ίδια συνθήκη, ⁴Σημαντική διαφορά με την άσκηση Slams στη ίδια συνθήκη, ⁶Σημαντική διαφορά με την άσκηση Rational στη ίδια συνθήκη, ⁷Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη WT στην ίδια άσκηση.

Μέση καρδιακή συχνότητα

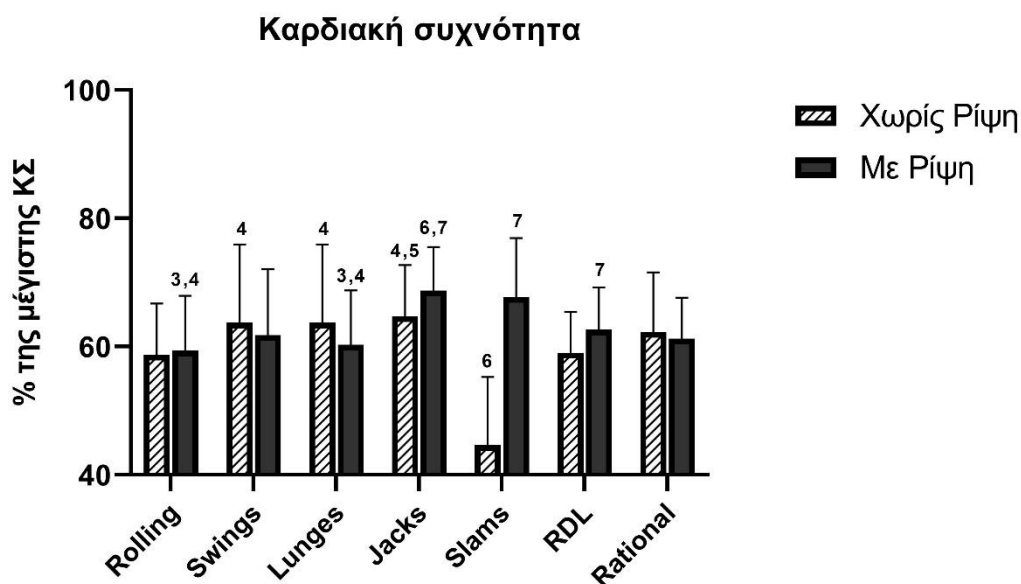
Οι επτά ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν είχαν σημαντική διαφορά στην μέση καρδιακή συχνότητα από 111% έως 123% στη συνθήκη χωρίς ρίψη και από 113% έως 130% στη συνθήκη με ρίψη. Στην συνθήκη χωρίς ρίψη η εκτέλεση της άσκησης Rolling είχε μικρότερη μέση καρδιακή συχνότητα συγκριτικά με την άσκηση Slams, ενώ η εκτέλεση των ασκήσεων Jacks και Slams είχε μεγαλύτερη μέση καρδιακή συχνότητα συγκριτικά με την άσκηση RDL. Στη συνθήκη ρίψης η εκτέλεση της άσκησης Rolling είχε μικρότερη μέση καρδιακή συχνότητα συγκριτικά με τις ασκήσεις Jacks και Slams, ενώ η εκτέλεση της άσκησης Jacks είχε μεγαλύτερη μέση καρδιακή συχνότητα συγκριτικά με την άσκηση Rotational. Επιπλέον, στην άσκηση Jacks η συνθήκη ρίψης είχε μεγαλύτερη μέση καρδιακή συχνότητα συγκριτικά με την συνθήκη μη ρίψης με ποσοστό (6,1).



Σχήμα 2. Μέση καρδιακή συχνότητα στις επτά ασκήσεις των δυο συνθηκών. ³Σημαντική διαφορά με την άσκηση Jacks στη ίδια συνθήκη, ⁴Σημαντική διαφορά με την άσκηση Slams στη ίδια συνθήκη, ⁵Σημαντική διαφορά με την άσκηση RDL στη ίδια συνθήκη, ⁶Σημαντική διαφορά με την άσκηση Rational στη ίδια συνθήκη, ⁷Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη WT στην ίδια άσκηση.

Καρδιακή συχνότητα (% της μέγιστης)

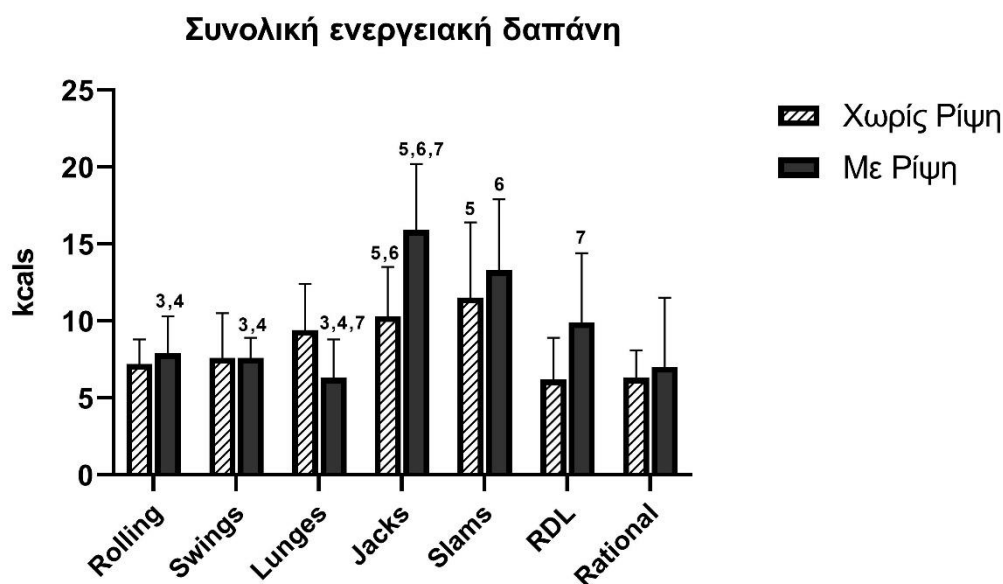
Οι επτά ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν είχαν σημαντική διαφορά στο ποσοστό επί % της μέγιστης καρδιακής συχνότητας από 44% έως 65% στη συνθήκη χωρίς ρίψη και από 59% έως 69% στη συνθήκη με ρίψη. Στη συνθήκη χωρίς ρίψη η εκτέλεση των ασκήσεων Swings, Lunges, Jacks είχαν μεγαλύτερο ποσοστό επί % της μέγιστης καρδιακής συχνότητας συγκριτικά με την άσκηση Slams, ενώ η εκτέλεση της άσκησης Jacks είχε μεγαλύτερη διαφορά στο ποσοστό επί % της μέγιστης καρδιακής συχνότητας συγκριτικά με την άσκηση RDL. Αντίθετα, η εκτέλεση της άσκησης Slams προκάλεσε μικρότερη διαφορά στο ποσοστό επί % της μέγιστης καρδιακής συχνότητας συγκριτικά με την άσκηση Rotational. Στη συνθήκη ρίψης, η εκτέλεση των ασκήσεων Rolling και Lunges είχαν μικρότερη διαφορά στο ποσοστό επί % της μέγιστης καρδιακής συχνότητας συγκριτικά με τις ασκήσεις Jacks και Slams, ενώ η εκτέλεση της άσκησης Jacks είχε μεγαλύτερο ποσοστό επί % της μέγιστης καρδιακής συχνότητας συγκριτικά με την άσκηση Rotational. Επιπλέον, στις ασκήσεις Jacks, Slams και RDL η συνθήκη ρίψης υψηλότερη καρδιακή συχνότητα συγκριτικά με την συνθήκη χωρίς ρίψη κατά 6%, 52% 6%, αντίστοιχα.



Σχήμα 3. Καρδιακή συχνότητα ως ποσοστό της μέγιστης στις επτά ασκήσεις των δυο συνθηκών. ³Σημαντική διαφορά με την άσκηση Jacks στη ίδια συνθήκη, ⁴Σημαντική διαφορά με την άσκηση Slams στη ίδια συνθήκη, ⁵Σημαντική διαφορά με την άσκηση RDL στη ίδια συνθήκη, ⁶Σημαντική διαφορά με την άσκηση Rational στη ίδια συνθήκη, ⁷Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη WT στην ίδια άσκηση.

Συνολική ενεργειακή δαπάνη

Οι επτά ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν είχαν σημαντική διαφορά στην συνολική κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης από 6% έως 11% στη συνθήκη χωρίς ρίψη και από 6% έως 16% στη συνθήκη με ρίψη. Στην συνθήκη χωρίς ρίψη η εκτέλεση των ασκήσεων Jacks και Slams είχαν μεγαλύτερη συνολική κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης συγκριτικά με την άσκηση RDL, ενώ η εκτέλεση της άσκησης Jacks είχε μεγαλύτερη συνολική κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης συγκριτικά με την άσκηση Rotational. Στη συνθήκη ρίψης, η εκτέλεση των ασκήσεων Rolling, Swings και Lunges είχαν μικρότερη συνολική κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης συγκριτικά με τις ασκήσεις Jacks και Slams. Η εκτέλεση της άσκησης Jacks είχε μεγαλύτερη συνολική κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης συγκριτικά με την άσκηση RDL, η εκτέλεση των ασκήσεων Jacks και Slams είχαν μεγαλύτερη συνολική κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης συγκριτικά με την άσκηση Rotational. Επιπλέον, στις ασκήσεις Jacks και RDL η συνθήκη ρίψης είχε μεγαλύτερη συνολική κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης συγκριτικά με την συνθήκη μη ρίψης με ποσοστά (54,3) και (59,6) αντίστοιχα. Αντίθετα, στην εκτέλεση της άσκησης Lunges η συνθήκη ρίψης είχε μικρότερη συνολική κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης συγκριτικά με την συνθήκη χωρίς ρίψη κατά 33%.

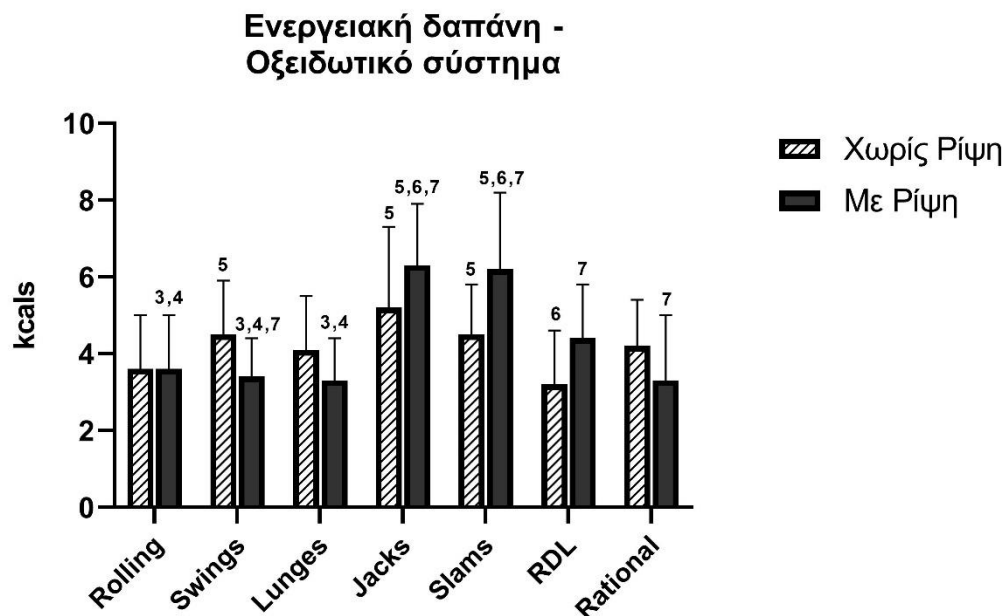


Σχήμα 4. Συνολική ενεργειακή δαπάνη στις επτά ασκήσεις των δυο συνθηκών. ³Σημαντική διαφορά με την άσκηση Jacks στη ίδια συνθήκη, ⁴Σημαντική διαφορά με την άσκηση Slams στη ίδια συνθήκη, ⁵Σημαντική διαφορά με την άσκηση RDL στη ίδια συνθήκη, ⁶Σημαντική διαφορά με την άσκηση Rational στη ίδια συνθήκη, ⁷Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη WT στην ίδια άσκηση.

Ενεργειακή δαπάνη οξειδωτικού συστήματος

Οι επτά ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν είχαν σημαντική διαφορά στην αερόβια κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης από 3% έως 5% στη συνθήκη χωρίς ρίψη και από 3% έως 6% στη συνθήκη με ρίψη. Στην συνθήκη χωρίς ρίψη η εκτέλεση των ασκήσεων Swings, Jacks και Slams είχαν μεγαλύτερη αερόβια κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης συγκριτικά με την άσκηση RDL, ενώ η εκτέλεση της άσκησης RDL είχε μικρότερη αερόβια κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης συγκριτικά με την άσκηση Rotational. Στη συνθήκη ρίψης, η εκτέλεση των ασκήσεων Rolling, Swings και Lunges είχαν μικρότερη κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης συγκριτικά με τις ασκήσεις Jacks και Slams, η εκτέλεση των ασκήσεων Jacks και Slams είχαν μεγαλύτερη κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης συγκριτικά με τις ασκήσεις RDL και Rotational. Επιπλέον, στις ασκήσεις Slams και RDL η συνθήκη ρίψη είχε μεγαλύτερη αερόβια κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης συγκριτικά με την συνθήκη μη ρίψης με ποσοστά (21,1) και (37,7) αντίστοιχα . Αντίθετα στην εκτέλεση των ασκήσεων Swings ,Jacks και Rotational η συνθήκη ρίψης είχε μικρότερη

συνολική κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης συγκριτικά με την συνθήκη μη ρίψης με ποσοστά (-24,4),(-19,5) και (-21,4) αντίστοιχα.

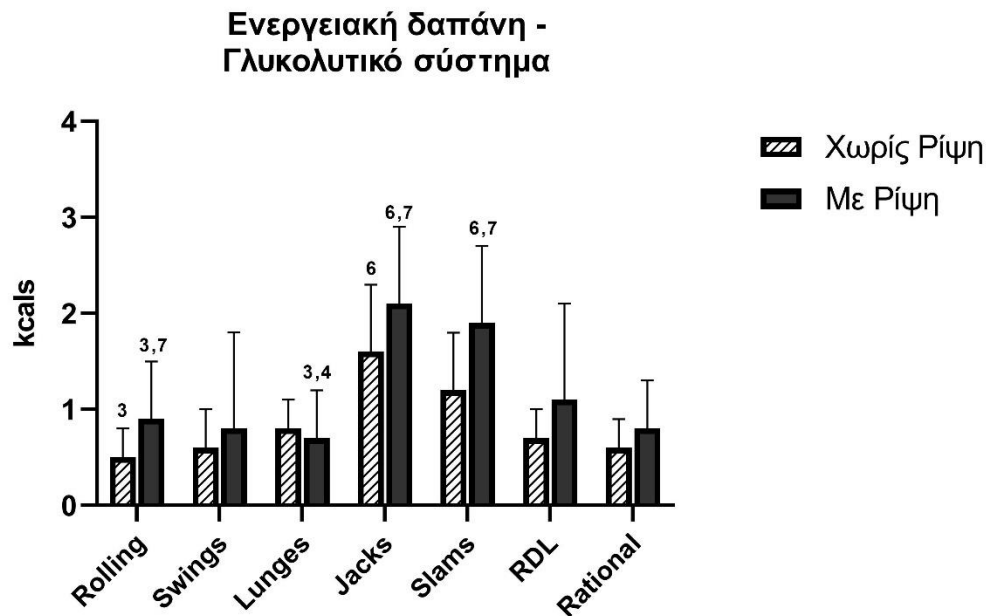


Σχήμα 5. Ενεργειακή δαπάνη οξειδωτικού συστήματος στις επτά ασκήσεις των δυο συνθηκών. ³Σημαντική διαφορά με την άσκηση Jacks στη ίδια συνθήκη, ⁴Σημαντική διαφορά με την άσκηση Slams στη ίδια συνθήκη, ⁵Σημαντική διαφορά με την άσκηση RDL στη ίδια συνθήκη, ⁶Σημαντική διαφορά με την άσκηση Rational στη ίδια συνθήκη, ⁷Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη WT στην ίδια άσκηση.

Ενεργειακή δαπάνη γλυκολυτικού συστήματος

Οι επτά ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν είχαν σημαντική διαφορά στην αναερόβια κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης από 0,5% έως 1,6% στη συνθήκη χωρίς ρίψη και από 0,7% έως 2,1% στη συνθήκη με ρίψη . Στην συνθήκη χωρίς ρίψη η εκτέλεση της άσκησης Rolling είχε μικρότερη αναερόβια κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης συγκριτικά με την άσκηση Jacks, ενώ η εκτέλεση της άσκησης Jacks είχε μεγαλύτερη αναερόβια κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης συγκριτικά με την άσκηση Rotational. Στη συνθήκη ρίψης, η εκτέλεση των ασκήσεων Rolling και Lunges είχαν μικρότερη αναερόβια κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης συγκριτικά με την άσκηση Jacks , η εκτέλεση της άσκησης Lunges είχε μικρότερη αναερόβια κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης συγκριτικά με την άσκηση Slams, ενώ η εκτέλεση των ασκήσεων Jacks και Slams είχε μεγαλύτερη αναερόβια κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης συγκριτικά με την άσκηση Rotational. Επιπλέον, στις ασκήσεις Rolling, Jacks και Slams η συνθήκη ρίψης είχε

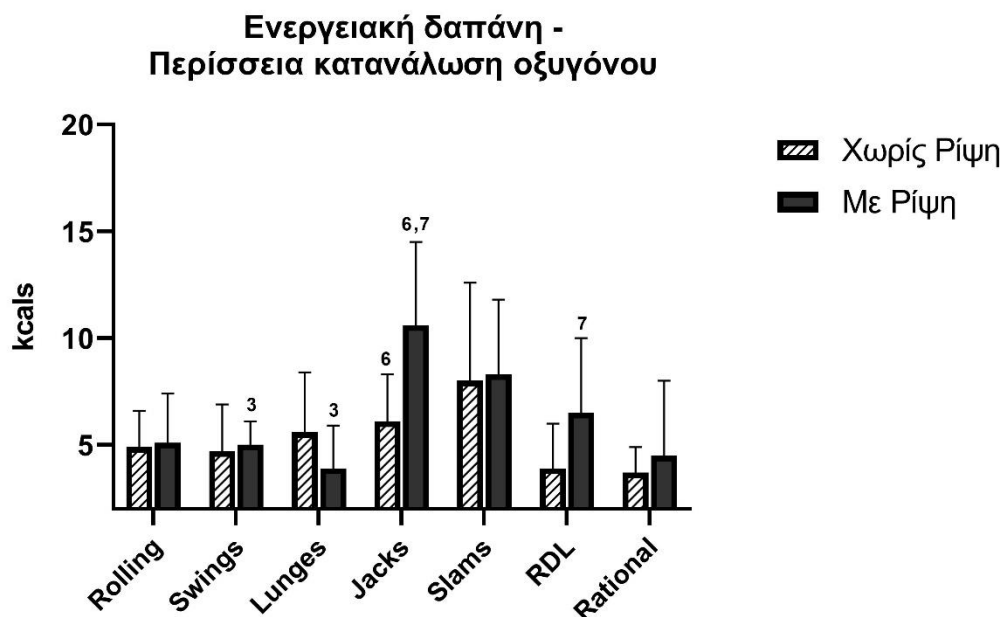
μεγαλύτερη κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης συγκριτικά με την συνθήκη μη ρίψης με ποσοστά (80),(31,2) και (58,3) αντίστοιχα.



Σχήμα 6. Ενεργειακή δαπάνη γλυκολυτικού συστήματος στις επτά ασκήσεις των δυο συνθηκών. ³Σημαντική διαφορά με την άσκηση Jacks στη ίδια συνθήκη, ⁴Σημαντική διαφορά με την άσκηση Slams στη ίδια συνθήκη, ⁶Σημαντική διαφορά με την άσκηση Rational στη ίδια συνθήκη, ⁷Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη WT στην ίδια άσκηση.

Ενεργειακή δαπάνη περίσσειας κατανάλωσης οξυγόνου

Οι επτά ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν είχαν σημαντική διαφορά στην κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης (EPOC) από 4% έως 8% στη συνθήκη χωρίς ρίψη και από 4% έως 11% στη συνθήκη με ρίψη. Στην συνθήκη χωρίς ρίψη η εκτέλεση της άσκησης Jacks είχε μεγαλύτερη κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης (EPOC) συγκριτικά με την άσκηση Rotational. Στη συνθήκη ρίψη, η εκτέλεση των ασκήσεων Swings και Lunges είχαν μικρότερη κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης (EPOC) συγκριτικά με την άσκηση Jacks, ενώ η εκτέλεση της άσκησης Jacks είχε μεγαλύτερη κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης (EPOC) συγκριτικά με την άσκηση Rotational. Επιπλέον, στις ασκήσεις Jacks και RDL, η συνθήκη ρίψης είχαν μεγαλύτερη κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης (EPOC) συγκριτικά με την συνθήκη μη ρίψης με ποσοστά (73,7) και (66,6) αντίστοιχα.



Σχήμα 7. Ενεργειακή δαπάνη περίσσειας κατανάλωσης οξυγόνου στις επτά ασκήσεις των δυο συνθηκών. ³Σημαντική διαφορά με την άσκηση Jacks στη ίδια συνθήκη, ⁶Σημαντική διαφορά με την άσκηση Rotational στη ίδια συνθήκη, ⁷Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη WT στην ίδια άσκηση.

3.4. Συζήτηση

Η παρούσα μελέτη διερεύνησε για πρώτη φορά την κατανάλωση της συνολικής ενεργειακής δαπάνης χρησιμοποιώντας 14 ασκήσεις με medicine balls. Συγκρίθηκαν δύο προπονητικές συνθήκες άσκησης των 30 δευτερολέπτων, που περιλάμβαναν παρόμοια κινητικά μοτίβα (διποδικό, μονοποδικό, αντιθετικό, περιστροφικό, πίεση, έλξη και σύνθετο) που χρησιμοποιούνται ευρέως στον αθλητικό χώρο και ανταποκρίνονται στις τάσεις της εποχής α) πρωτόκολλο ρίψης β) πρωτόκολλο χωρίς ρίψης αντίστοιχα. Η καινοτομία αυτής της μελέτης είναι αφενός ο αριθμός των ασκήσεων και ο συνδυασμός ρίψης, χωρίς ρίψης, αφετέρου ότι εξετάσε και παρουσιάζει την κατανάλωση της ενεργειακής δαπάνης και δείχνει ακριβώς τη συμβολή των επιμέρους ενεργειακών συστημάτων κατά την εκτέλεση των ασκήσεων και μετά από αυτήν. Στη συνθήκη χωρίς ρίψη η άσκηση με την μεγαλύτερη κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης ήταν τα medicine balls slams με μέσο όρο 11,9 kcal, αντίθετα η άσκηση με την μικρότερη κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης ήταν η άσκηση rotational side to side με μέσο όρο 6,3 kcal. Στην συνθήκη της ρίψης η άσκηση με την μεγαλύτερη κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης ήταν τα jumping overhead press and throw με 15,9 kcal, ενώ η άσκηση με την μικρότερη κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης ήταν η step to overhead throw με μέσο όρο

6,3 kcal .Μεταξύ των δύο συνθηκών η συνθήκη ρίψη και πιο συγκεκριμένα η άσκηση jumping overhead press and throw είχε την μεγαλύτερη κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης.

Στην Μελέτη έλαβαν μέρος Φοιτητές του τμήματός ΣΕΦΑΑ Θεσσαλίας ηλικίας 18 εως 25 Οι συμμετέχοντες ήταν ασκούμενοι αναψυχής οι οποίοι πραγματοποιούσαν άσκηση τουλάχιστον τρεις με τέσσερις φορές την εβδομάδα . Αξιολογήθηκε η φυσική κατάσταση των συμμετεχόντων στις εξής παραμέτρους : αξιολόγηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO2 MAX) σε κυκλοεργόμετρο με μέση τιμή 47,2 % ,η τιμή αυτή αναλογεί περίπου στην φυσική κατάσταση παικτών βόλεϊ σύμφωνα με την βιβλιογραφική έρευνα (aerobic capacity , προσδιορίστηκε η μέγιστη δύναμη άνω κορμού στην άσκηση πιέσεις στήθους (bench press) και στο κάτω μέρος του σώματος με την άσκηση καθίσματα (squats) χρησιμοποιώντας ελευθέρα βάρη ,και στις δυο ασκήσεις η μέγιστη δύναμη αξιολογήθηκε με την χρήση της μια μέγιστης επανάληψης (1RM) ,ο μέσος όρος των ασκήσεων ήταν 58,7 και 94,25 . Για την αξιολόγηση της σύστασης σώματος (% σωματικού λίπους, λιπώδης μάζα, άλυπη σωματική μάζα, μυϊκή μάζα) χρησιμοποιήθηκε μηχανήμα απορροφησιμετρίας διπλής δέσμης ακτινών X (DXA, Lunar DPXNT) με μέση τιμή 18,86 τιμές που αναλογούν σε ερασιτέχνες ποδοσφαιριστές και ποδοσφαιρίστριες πριν την έναρξη της προετοιμασίας(57).

Τα δύο ερευνητικά πρωτόκολλα αξιολόγησης της θερμιδικής δαπάνης χωρίς ρίψη (ρολάρισμα σε ύπτια θέση χωρίς ρίψη, medicine ball swings, medicine ball squat to overhead press, medicine ball forward lunge, medicine ball overhead press to rdl, rotational medicine ball, medicine ball jack press) και ρίψη (ρολάρισμα σε ύπτια θέση και ρίψη, medicine ball reverse scoop toss, medicine ball slams, medicine ball step overhead and throw, medicine ball slams to rdl, rotational medicine ball throw, medicine ball jumping overhead press and throw) αποτελούνταν από 14 ασκήσεις του ενός σετ και χρόνο εκτέλεσης 30 δευτερόλεπτα. Από την ανάλυση δεδομένων που συλλέχτηκαν με την χρήση καρδιοσυχνομέτρου τύπου Polar (παλμογράφος Polar H10) συμπεραίνουμε τα εξής: Για την συνθήκη χωρίς ρίψη η μεταβολή της καρδιακής συχνότητας σε απόλυτες τιμές ήταν από 90 έως 171 παλμοί /min. Η χαμηλότερη καρδιακή συχνότητα βρέθηκε στην άσκηση medicine slams 90 παλμοί/min ενώ η υψηλότερη ήταν στην άσκηση jacks press με 171 παλμούς /min. Αντίθετα, στη συνθήκη με ρίψη η μεταβολή της καρδιακής συχνότητας σε απόλυτες τιμές ήταν από 90 έως 167 παλμοί /min. Η μικρότερη καρδιακή συχνότητα βρέθηκε στην άσκηση rdl to overhead press 92 παλμοί/ min ενώ η υψηλότερη βρέθηκε στην jumping overhead press and throw 167 παλμοί /min. Συγκρίναμε τη μέση καρδιακή συχνότητα των δύο συνθηκών 125,2/min, 126,2/min και δεν παρατηρήσαμε στατιστικά σημαντική διαφορά. Επιπλέον, παρατηρήθηκε πως η υψηλότερη τιμή καρδιακής συχνότητας βρέθηκε στη συνθήκη χωρίς ρίψη και πιο συγκεκριμένα στην άσκηση jacks press. Η συγκεκριμένη άσκηση είναι συνδυασμός που απαιτεί και καρδιοαναπνευστικές προσαρμογές αερόβιας άσκησης αλλά και αναερόβιες όπως οι ασκήσεις αντιστάσεις.

Βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στο ποσοστό μεταβολής γαλακτικού οξέος μεταξύ των δύο συνθηκών πιο συγκεκριμένα τα ποσοστά μεταβολής ήταν 68,4 και 96,1 για την συνθήκη χωρίς ρίψη και με ρίψη αντίστοιχα. Στο πρωτόκολλο χωρίς ρίψη η μικρότερη ποσοστιαία μεταβολή γαλακτικού οξέος ήταν 40,5 % στην άσκηση Rolling, ενώ η μεγαλύτερη μεταβολή ήταν 119,8 % στην άσκηση jack press. Αντίθετα, στη συνθήκη με ρίψη, η μικρότερη ποσοστιαία μεταβολή ήταν 60,4 % στην άσκηση rotational medicine ball throw ενώ η μεγαλύτερη μεταβολή βρέθηκε στην άσκηση medicine ball slams 168,9 %. Σε απόλυτες τιμές οι μεταβολές του γαλακτικού ήταν από 1mmol έως 4,7 mmol. Οι ποσοστιαίες αυτές μεταβολές ταιριάζουν με τις μεταβολές αθλητών της επιτραπέζιας αντισφαίρισης (ping pong)energetics. Στη συνθήκη με ρίψη τη μεγαλύτερη μεταβολή γαλακτικού την προκάλεσε η άσκηση jumping overhead press and throw με ποσοστό 4,7mmol ενώ τη μικρότερη μεταβολή γαλακτικού την προκάλεσε η άσκηση rotational medicine ball throw με ποσοστό 1,3 mmol. Στη συνθήκη χωρίς ρίψη τη μεγαλύτερη μεταβολή γαλακτικού την προκάλεσε η άσκηση medicine ball jack press με ποσοστό 4,2mmol ενώ την μικρότερη μεταβολή γαλακτικού την προκάλεσε η άσκηση rotational side to side με ποσοστό 1,2 mmol.

Συγκρίναμε τις δύο συνθήκες ως προς την ενεργειακή δαπάνη που προκάλεσαν οι ασκήσεις και βρήκαμε τα εξής αποτελέσματα. Ο μέσος όρος τη συνολικής ενεργειακής δαπάνης στην συνθήκη χωρίς ρίψη ήταν 8,3 kcal/30 sec. Η άσκηση με την μικρότερη ενεργειακή δαπάνη ήταν η medicine ball overhead press to RDL με 6,2 kcal/30 sec, αντίθετα η άσκηση με την μεγαλύτερη ενεργειακή δαπάνη ήταν η medicine ball squat to overhead press με 11,5 kcal/30 sec. Στην συνθήκη με ρίψη ο μέσος όρος της συνολικής ενεργειακής δαπάνης ήταν 9,7 kcal/30 sec. Η άσκηση με την μικρότερη ενεργειακή δαπάνη ήταν η medicine ball step overhead and throw με 6,3 kcal/30 sec, αντίθετα η άσκηση με την μεγαλύτερη ενεργειακή δαπάνη ήταν η medicine ball jumping overhead press and throw με 15,9 kcal/30 sec. Σε σύγκριση ασκήσεων με το ίδιο κινητικό πρότυπο, η άσκηση medicine ball jumping overhead press and throw είχε και τη μεγαλύτερη παραγωγή ενεργειακής δαπάνης ως προς την medicine ball jack press αλλά και την μεγαλύτερη μεταβολή τιμής με όλες τις υπόλοιπες ασκήσεις. Στον πίνακα που ακολουθεί μπορείτε να δείτε την κατανάλωση των θερμίδων από όλες τις ασκήσεις στα 30 sec, καθώς και την αναγωγή τους στα 60 sec.

Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας διαπιστώνουμε πως η θερμιδική δαπάνη των ασκήσεων είναι άρρηκτα εξαρτώμενη από τα στοιχεία επιβάρυνσης της άσκησης όπως ένταση, χρονική διάρκεια, αριθμός μυών που συμμετέχουν, μυϊκή μάζα, προπονητικό επίπεδο κ.α.

Οι ασκήσεις που είχαν την μεγαλύτερη κατανάλωση θερμιδικής δαπάνης ήταν αυτές που συνδυάζαν άσκηση αντίστασης και αερόβια άσκηση ταυτόχρονα όπως τα jack press, jumping overhead press and

throw. Οι ασκήσεις που είχαν την μικρότερη θερμιδική δαπάνη ήταν κυρίως οι ασκήσεις όπου ο ασκούμενος ήταν περισσότερο στατικός και για την ολοκλήρωση της σωστής εκτέλεσης χρειαζόταν ο συνδυασμός καλής ισορροπία όπως η άσκηση overhead press to RDL. Οι ασκήσεις με την μεγαλύτερη παραγωγή γαλακτικού οξέος ήταν αυτές όπου το ποσοστό μεταβολής της καρδιακής συχνότητας πλησίαζε προς το 100% όπως είχε προσδιοριστεί από την αξιολόγηση της Vo2 max, ασκήσεις όπως τα jack press, jumping overhead press and throw, medicine ball Slams, είναι ασκήσεις που απαιτούν καρδιοαναπνευστικές και μυϊκές προσαρμογές. Για τον προσδιορισμό της συνολικής ενεργειακής δαπάνης πρέπει να συνυπολογιστούν και τα τρία συστήματα παραγωγής ενέργειας: α) οξειδωτικό σύστημα (αερόβια παραγωγή ενέργειας, β) γλυκολυτικό σύστημα (αναερόβια παραγωγή ενέργειας, γ) περίσσεια οξυγόνου αποκατάστασης. Από τα αποτελέσματα φαίνεται πως η συμβολή του EPOC (περίσσεια οξυγόνου) στη συνολική ενεργειακή δαπάνη είναι μεγαλύτερη και από το οξειδωτικό σύστημα αλλά και από το γλυκολυτικό. Το αποτέλεσμα αυτό μας δίνει την δυνατότητα να κατανοήσουμε την σπουδαιότητα της άσκησης ως προς το ενεργειακό ισοζύγιο, ειδικά αν αναφερόμαστε για προγράμματα απώλειας σωματικού βάρους. Επιπλέον, από τα αποτελέσματα μπορούμε να συμπεράνουμε πως σε προσπάθειες με μεγαλύτερη ένταση, παράλληλα με την αύξηση γλυκολυτικού συστήματος, παρατηρείται ταυτόχρονη αύξηση της περίσσειας οξυγόνου.

Συνοψίζοντας, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, γίνεται κατανοητό πως η γνώση της θερμιδικής απόκρισης κάθε άσκησης είναι ένα έξτρα εφόδιο για τον ειδικό υγείας, αφενός για την καλύτερη υλοποίηση προπονητικών προγραμμάτων και αφετέρου για τον καλύτερο προσδιορισμό του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου .

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Τέλος, λόγω του μεγάλου βιβλιογραφικού κενού σε παγκόσμια κλίμακα σχετικά με την καταγραφή της θερμιδικής απόκρισης σε ασκήσεις είτε με το βάρος του σώματος είτε με αντιστάσεις, θα ήταν ωφέλιμο να συνεχιστεί η καταγραφή όλο και περισσότερων ασκήσεων που θα έχει σαν αποτέλεσμα την ύπαρξη ενός βοηθητικού εγχειρίδιου .

Κλείνοντας, θα ήθελα να επισημάνω την σπουδαιότητα ύπαρξης συγκεκριμένων προγραμμάτων άσκησης που να μπορούν να είναι εφαρμόσιμα από ασκούμενους αναψυχής τα οποία θα βοηθούν αποτελεσματικά στην ρύθμιση του ενεργειακού ισοζυγίου.

4. Βιβλιογραφία

1. Westterterp KR. Exercise, energy balance and body composition. *European journal of clinical nutrition*. 2018;72(9):1246-50.
2. Vianna JM, Werneck FZ, Coelho EF, Damasceno VO, Reis VM. Oxygen uptake and heart rate kinetics after different types of resistance exercise. *Journal of human kinetics*. 2014;42:235-44.
3. Seidell JC, Halberstadt J. The global burden of obesity and the challenges of prevention. *Annals of nutrition & metabolism*. 2015;66 Suppl 2:7-12.
4. Zheng Y, Manson JE, Yuan C, Liang MH, Grodstein F, Stampfer MJ, et al. Associations of Weight Gain From Early to Middle Adulthood With Major Health Outcomes Later in Life. *Jama*. 2017;318(3):255-69.
5. Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C, et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet (London, England)*. 2014;384(9945):766-81.
6. Miller MB, Pearcey GE, Cahill F, McCarthy H, Stratton SB, Nofall JC, et al. The effect of a short-term high-intensity circuit training program on work capacity, body composition, and blood profiles in sedentary obese men: a pilot study. *BioMed research international*. 2014;2014:191797.
7. Greenlee TA, Greene DR, Ward NJ, Reeser GE, Allen CM, Baumgartner NW, et al. Effectiveness of a 16-Week High-Intensity Cardioresistance Training Program in Adults. *Journal of strength and conditioning research*. 2017;31(9):2528-41.
8. Myers J, McAuley P, Lavie CJ, Despres JP, Arena R, Kokkinos P. Physical activity and cardiorespiratory fitness as major markers of cardiovascular risk: their independent and interwoven importance to health status. *Progress in cardiovascular diseases*. 2015;57(4):306-14.
9. Sperlich B, Wallmann-Sperlich B, Zinner C, Von Stauffenberg V, Losert H, Holmberg HC. Functional High-Intensity Circuit Training Improves Body Composition, Peak Oxygen Uptake, Strength, and Alters Certain Dimensions of Quality of Life in Overweight Women. *Frontiers in physiology*. 2017;8:172.
10. Stanforth D, Brumitt J, Ratamess NA, Atkins W, Keteyian SJ. TRAINING TOYS ... BELLS, ROPES, AND BALLS — OH MY! *ACSM's Health & Fitness Journal*. 2015;19(4):5-11.
11. Poehlman ET, Denino WF, Beckett T, Kinaman KA, Dionne IJ, Dvorak R, et al. Effects of endurance and resistance training on total daily energy expenditure in young women: a controlled randomized trial. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*. 2002;87(3):1004-9.
12. Batacan RB, Jr., Duncan MJ, Dalbo VJ, Tucker PS, Fenning AS. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *British journal of sports medicine*. 2017;51(6):494-503.
13. Foster C, Farland CV, Guidotti F, Harbin M, Roberts B, Schuette J, et al. The Effects of High Intensity Interval Training vs Steady State Training on Aerobic and Anaerobic Capacity. *Journal of sports science & medicine*. 2015;14(4):747-55.
14. Gillen JB, Percival ME, Ludzki A, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. Interval training in the fed or fasted state improves body composition and muscle oxidative capacity in overweight women. *Obesity (Silver Spring, Md)*. 2013;21(11):2249-55.

15. King NA, Hopkins M, Caudwell P, Stubbs RJ, Blundell JE. Beneficial effects of exercise: shifting the focus from body weight to other markers of health. *British journal of sports medicine*. 2009;43(12):924-7.
16. Kramer A. An Overview of the Beneficial Effects of Exercise on Health and Performance. *Advances in experimental medicine and biology*. 2020;1228:3-22.
17. Kercher VM, Kercher K, Levy P, Bennion T, Alexander C, Amaral PC, et al. 2023 Fitness Trends from Around the Globe. *ACSM's Health & Fitness Journal*. 2023;27(1):19-30.
18. Lagally KM, Cordero J, Good J, Brown DD, McCaw ST. Physiologic and metabolic responses to a continuous functional resistance exercise workout. *Journal of strength and conditioning research*. 2009;23(2):373-9.
19. Faigenbaum AD, Kang J, Ratamess NA, Farrell A, Ellis N, Vought I, et al. Acute Cardiometabolic Responses to Medicine Ball Interval Training in Children. *International journal of exercise science*. 2018;11(4):886-99.
20. Thanuraj Suntharalingam MNMJ, 3Adam Abdul Malik, 4Sabaanant Sivanesan. Effects of 8-week medicine ball training on physical performance among basketball players. *Journal of Positive School Psychology*. 2022;Vol. 6:1307 – 19.
21. Raeder C, Fernandez-Fernandez J, Ferrauti A. Effects of Six Weeks of Medicine Ball Training on Throwing Velocity, Throwing Precision, and Isokinetic Strength of Shoulder Rotators in Female Handball Players. *Journal of strength and conditioning research*. 2015;29(7):1904-14.
22. Faigenbaum AD, Cloutier G. Medicine Ball Training for Children. *Strategies*. 2002;15(5):15-8.
23. Da Silva RL, Brentano MA, Kruel LF. Effects of different strength training methods on postexercise energetic expenditure. *Journal of strength and conditioning research*. 2010;24(8):2255-60.
24. Webber J. Energy balance in obesity. *The Proceedings of the Nutrition Society*. 2003;62(2):539-43.
25. Elia M, Ritz P, Stubbs RJ. Total energy expenditure in the elderly. *European journal of clinical nutrition*. 2000;54 Suppl 3:S92-103.
26. Basolo A, Bechi Genzano S, Piaggi P, Krakoff J, Santini F. Energy Balance and Control of Body Weight: Possible Effects of Meal Timing and Circadian Rhythm Dysregulation. *Nutrients*. 2021;13(9).
27. Ayogu RNB, Oshomegie H, Udentia EA. Energy intake, expenditure and balance, and factors associated with energy balance of young adults (20-39 years): a retrospective cross-sectional community-based cohort study. *BMC nutrition*. 2022;8(1):142.
28. de Jonge L, Bray GA. The thermic effect of food and obesity: a critical review. *Obesity research*. 1997;5(6):622-31.
29. Leibel RL, Rosenbaum M, Hirsch J. Changes in energy expenditure resulting from altered body weight. *The New England journal of medicine*. 1995;332(10):621-8.
30. João GA, Almeida GPL, Tavares LD, Kalva-Filho CA, Carvas Junior N, Pontes FL, et al. Acute Behavior of Oxygen Consumption, Lactate Concentrations, and Energy Expenditure During Resistance Training: Comparisons Among Three Intensities. *Frontiers in sports and active living*. 2021;3:797604.
31. Hunter GR, Fisher G, Neumeier WH, Carter SJ, Plaisance EP. Exercise Training and Energy Expenditure following Weight Loss. *Medicine and science in sports and exercise*. 2015;47(9):1950-7.

32. Casanova N, Beaulieu K, Finlayson G, Hopkins M. Metabolic adaptations during negative energy balance and their potential impact on appetite and food intake. *The Proceedings of the Nutrition Society*. 2019;78(3):279-89.
33. Levine JA. Non-exercise activity thermogenesis (NEAT). *Best practice & research Clinical endocrinology & metabolism*. 2002;16(4):679-702.
34. Bosy-Westphal A, Hägele FA, Müller MJ. What Is the Impact of Energy Expenditure on Energy Intake? *Nutrients*. 2021;13(10).
35. McNeil J, Doucet É, Brunet JF, Hintze LJ, Chaumont I, Langlois É, et al. The effects of sleep restriction and altered sleep timing on energy intake and energy expenditure. *Physiology & behavior*. 2016;164(Pt A):157-63.
36. Jakicic JM, Davis KK. Obesity and physical activity. *The Psychiatric clinics of North America*. 2011;34(4):829-40.
37. Vilacxa Alves J, Saavedra F, Simão R, Novaes J, Rhea MR, Green D, et al. Does aerobic and strength exercise sequence in the same session affect the oxygen uptake during and postexercise? *Journal of strength and conditioning research*. 2012;26(7):1872-8.
38. Reis VM, Júnior RS, Zajac A, Oliveira DR. Energy cost of resistance exercises: an update. *Journal of human kinetics*. 2011;29a:33-9.
39. Nakagata T, Yamada Y, Naito H. Estimating Energy Cost of Body Weight Resistance Exercise Using a Multistage Exercise Test. *Journal of strength and conditioning research*. 2022;36(5):1290-6.
40. Ciprandi D, Lovecchio N, Piacenza M, Limonta E, Esposito F, Sforza C, et al. Energy Cost of Continuous Shuttle Running: Comparison of 4 Measurement Methods. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2018;32(8):2265-72.
41. Schoenfeld BJ. Is there a minimum intensity threshold for resistance training-induced hypertrophic adaptations? *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 2013;43(12):1279-88.
42. Tucker WJ, Angadi SS, Gaesser GA. Excess Postexercise Oxygen Consumption After High-Intensity and Sprint Interval Exercise, and Continuous Steady-State Exercise. *Journal of strength and conditioning research*. 2016;30(11):3090-7.
43. Goran MI. Energy metabolism and obesity. *The Medical clinics of North America*. 2000;84(2):347-62.
44. Williams BM, Kraemer RR. Comparison of Cardiorespiratory and Metabolic Responses in Kettlebell High-Intensity Interval Training Versus Sprint Interval Cycling. *Journal of strength and conditioning research*. 2015;29(12):3317-25.
45. Williams BM, Kraemer RR. Comparison of Cardiorespiratory and Metabolic Responses in Kettlebell High-Intensity Interval Training Versus Sprint Interval Cycling. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2015;29(12):3317-25.
46. Farrar RE, Mayhew JL, Koch AJ. Oxygen Cost of Kettlebell Swings. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(4):1034-6.
47. Willis EA, Szabo-Reed AN, Ptomey LT, Honas JJ, Steger FL, Washburn RA, et al. Energy Expenditure and Intensity of Group-Based High-Intensity Functional Training: A Brief Report. *Journal of physical activity & health*. 2019;16(6):470-6.
48. Smith LE, Van Guilder GP, Dalleck LC, Harris NK. The Effects of a Single Session of High Intensity Functional Training on Energy Expenditure, VO(2), and Blood Lactate. *Journal of sports science & medicine*. 2022;21(4):545-54.

49. Mayhew JL. Oxygen cost and energy expenditure of running in trained runners. *British journal of sports medicine*. 1977;11(3):116-21.
50. Hagan RD, Strathman T, Strathman L, Gettman LR. Oxygen uptake and energy expenditure during horizontal treadmill running. *Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise physiology*. 1980;49(4):571-5.
51. Børsheim E, Bahr R. Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 2003;33(14):1037-60.
52. Proia P, Di Liegro CM, Schiera G, Fricano A, Di Liegro I. Lactate as a Metabolite and a Regulator in the Central Nervous System. *International journal of molecular sciences*. 2016;17(9).
53. Domínguez R, Maté-Muñoz JL, Serra-Paya N, Garnacho-Castaño MV. Lactate Threshold as a Measure of Aerobic Metabolism in Resistance Exercise. *International journal of sports medicine*. 2018;39(3):163-72.
54. Gollnick PD, Bayly WM, Hodgson DR. Exercise intensity, training, diet, and lactate concentration in muscle and blood. *Medicine and science in sports and exercise*. 1986;18(3):334-40.
55. Bransford DR, Howley ET. Oxygen cost of running in trained and untrained men and women. *Medicine and science in sports*. 1977;9(1):41-4.
56. Maté-Muñoz JL, Domínguez R, Lougedo JH, Garnacho-Castaño MV. The lactate and ventilatory thresholds in resistance training. *Clinical physiology and functional imaging*. 2017;37(5):518-24.
57. Tornero-Aguilera JF, Villegas-Mora BE, Clemente-Suárez VJ. Differences in Body Composition Analysis by DEXA, Skinfold and BIA Methods in Young Football Players. *Children (Basel, Switzerland)*. 2022;9(11).