

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

Η ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΔΑΠΑΝΗ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΜΥΪΚΗΣ ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗΣ ΜΕ ΣΑΚΙΑ.

της

Βλάση Βασιλικής-Μαρίας (ΑΕΜ: 0719096)

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

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

Εγκεκριμένη από το καθηγητικό σώμα:

Επιβλέπων καθηγητής: Δραγανίδης Δημήτριος, Επίκουρος Καθηγητής

ΤΡΙΚΑΛΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2023

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ενεργειακή δαπάνη κατά την διάρκεια της άσκησης επηρεάζεται από τα στοιχεία επιβάρυνσης όπως το είδος, η ένταση, η διάρκεια και η ποσότητα. Τα είδη άσκησης που επιφέρουν τη μεγαλύτερη αύξηση της ενεργειακής δαπάνης είναι η προπόνηση με αντιστάσεις και η υψηλής έντασης διαλειμματική άσκηση. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να προσδιοριστεί η ενεργειακή δαπάνη που προκαλείται κατά την εκτέλεση 8 λειτουργικών ασκήσεων με σακιά σε δυο συνθήκες εκτέλεσης: (α) εκτέλεση 30 δευτερολέπτων (συνθήκη 30'') και (β) εκτέλεση 45 δευτερολέπτων (συνθήκη 45''). Για το σκοπό αυτό, στη μελέτη έλαβαν μέρος 10 άντρες ηλικίας 19-23 ετών με προπονητική εμπειρία στην προπόνηση με αντιστάσεις. Οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν αρχικά σε αξιολόγηση των ανθρωπομετρικών τους χαρακτηριστικών, της σύστασης σώματος, του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας, της καρδιοαναπνευστικής τους ικανότητας, της μυϊκής τους αντοχής καθώς και της μέγιστης δύναμης του άνω και κάτω μέρους του σώματος. Στη συνέχεια, οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν με τυχαιοποιημένη σειρά (μια άσκηση σε μια συνθήκη ανά ημέρα) τις ασκήσεις (1) lateral bag drag, (2) dead bag, (3) shoulder to shoulder thrusters, (4) sumo deadlift with pull, (5) front lunge, (6) single leg RDL, (7) reverse lunge with rotation και (8) clean. Πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την άσκηση αξιολογούνταν η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης (μέσω της κλίμακας Borg), η συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα, η καρδιακή συχνότητα και η κατανάλωση οξυγόνου (μέσω φορητού αναλυτή αερίων). Η συνολική ενεργειακή δαπάνη υπολογίστηκε ως το άθροισμα της ενεργειακής δαπάνης του οξειδωτικού συστήματος, του γλυκολυτικού συστήματος και της περίσσειας κατανάλωσης οξυγόνου. Στα αποτελέσματα της μελέτης διαπιστώθηκε πως η άσκηση που προκάλεσε την μεγαλύτερη θερμιδική δαπάνη τόσο στην συνθήκη 30'' όσο και στη συνθήκη 45'' ήταν η shoulder to shoulder thrusters με 22 και 30 χιλιοθερμίδες αντίστοιχα. Επίσης, σε όλες τις ασκήσεις, εκτός από την lateral bag drag, η συνθήκη 45'' οδήγησε σε μεγαλύτερη αύξηση της ενεργειακής δαπάνης συγκριτικά με τη συνθήκη 30''. Συμπερασματικά, εκτέλεση πολυαρθρικών ασκήσεων με σακιά οι οποίες ενεργοποιούν μεγάλο αριθμό μυϊκών ομάδων προκαλούν σημαντική ενεργειακή δαπάνη η οποία αυξάνεται ναλογικά με την αύξηση της χρονικής διάρκειας εκτέλεσης.

Λέξεις κλειδιά: ενεργειακή δαπάνη, ασκήσεις μυϊκής ενδυνάμωσης, σακιά, περίσσεια κατανάλωση οξυγόνου.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που με βοήθησαν να ολοκληρώσω την πτυχιακή μου εργασία. Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επίκουρο καθηγητή κ. Δραγανίδη Δημήτριο για την καθοδήγηση και την βοήθεια που μου έδινε σε όλη την διάρκεια της συγγραφής μου και των μετρήσεων της διπλωματικής μου εργασίας, καθώς και τα μέλη των εργαστηρίων Βιοχημείας, Φυσιολογίας και Διατροφής της άσκησης (SmArT Lab) του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την συμβολή τους στην υλοποίηση των μετρήσεων.

Ιδιαίτερα, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τον καθηγητή κ. Φατούρο Ιωάννη που με εμπιστεύτηκε και με έκανε και μέλος του εργαστηρίου Βιοχημείας, Φυσιολογίας και Διατροφής της άσκησης (SmArT Lab) δίνοντας μου έτσι την δυνατότητα να αποκτήσω πολλές γνώσεις δίπλα στα μέλη του και να φτάσω τελικά να έχω ολοκληρώσει την πτυχιακή μου εργασία δίπλα τους. Αφιερώνω αυτή την εργασία, σε όλους όσους πιστεύουν σε μένα και με στηρίζουν από την αρχή μέχρι το τέλος σε ότι έχω επιλέξει να κάνω μέχρι τώρα στην ζωή μου.

Βλάση Βασιλική-Μαρία

Τρίκαλα, 30-6-2023

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	3
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	4
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
ΣΚΟΠΟΣ	8
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ	8
1. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	9
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	18
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	27
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	31
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	33
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	35

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Περιγραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων.....	27
--	----

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Ποσοστιαία μεταβολή της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος στο αίμα στις οκτώ ασκήσεις των δυο συνθηκών.....	28
Σχήμα 2. Ποσοστιαία μεταβολή της καρδιακής συχνότητας στις οκτώ ασκήσεις των δυο συνθηκών. .	29
Σχήμα 3. Ποσοστιαία μεταβολή της υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης στις οκτώ ασκήσεις των δυο συνθηκών	30
Σχήμα 4. Η ενεργειακή δαπάνη (kcal) στις οκτώ ασκήσεις των δυο συνθηκών	31

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με το Αμερικάνικη Αθλητική Εταιρεία, η άσκηση είναι μια προγραμματισμένη και δομημένη υποκατηγορία φυσικής δραστηριότητας, η οποία επαναλαμβάνεται και έχει σκοπό την διατήρηση ή τη βελτίωση της φυσικής κατάστασης (Ferguson, 2014). Επιπλέον, προάγει την υγιή σύσταση σώματος, αφού οδηγεί σε μείωση του σωματικού λίπους και αύξηση της άλιπης σωματικής μάζας, και ιδιαίτερα σε υπέρβαρα και παχύσαρκα άτομα (Westerterp, 2018). Η συγκεκριμένη επίδραση είναι πολύ σημαντική διότι η παχυσαρκία είναι μια πολύπλοκη μεταβολική νόσος που σχετίζεται με πολλές συννοσηρότητες, επηρεάζοντας σχεδόν έναν στους τρεις ενήλικες στον δυτικό κόσμο, και ως εκ τούτου, θεωρείται μείζον ζήτημα δημόσιας υγείας (Batrakoulis, 2022). Σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες, εκτιμάται ότι ένας στους τρεις ενήλικες σε παγκόσμια κλίμακα είναι υπέρβαρος ή παχύσαρκος, ενώ δύο στους τρεις ενήλικες θα είναι υπέρβαροι ή παχύσαρκοι το 2030 (Jensen et al., 2014).

Η παχυσαρκία χαρακτηρίζεται από αυξημένη συσσώρευση λίπους κατηγοριοποιείται με βάση το Δείκτη Μάζα Σώματος (ΔΜΣ), όπου τιμές $\Delta\text{ΜΣ} \geq 30 \text{ kg/m}^2$ υποδεικνύουν παχυσαρκία ενώ $\Delta\text{ΜΣ} \geq 40 \text{ kg/m}^2$ χαρακτηρίζεται ως νοσογόνος παχυσαρκία (Niemi, Rewane, & Algotar, 2022). Συνεπώς, κύριος στόχος στην αντιμετώπιση της παχυσαρκίας είναι μείωση του σωματικού λίπους, η οποία με την σειρά της επιφέρει την μείωση του σωματικού βάρους, διατηρώντας παράλληλά τη μυϊκή μάζα (Niemi et al., 2022). Για να επιτευχθεί αυτό, θα πρέπει να τροποποιηθούν τόσο η διατροφική πρόσληψη όσο και η ημερήσια ενεργειακή δαπάνη (Niemi et al., 2022). Συγκεκριμένα, για να υπάρξει απώλεια λίπους θα πρέπει η ενεργειακή δαπάνη να είναι μεγαλύτερη από την ενεργειακή πρόσληψη (αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο) για παρατεταμένο χρονικό διάστημα (Niemi et al., 2022). Η άσκηση αποτελεί ένα καθοριστικής σημασίας ερέθισμα για την αύξηση της ενεργειακής δαπάνης, προκαλώντας σημαντική θερμιδική δαπάνη τόσο κατά τη διάρκεια όσο και μετά την ολοκλήρωσή της, ενώ παράλληλα προάγει τη διατήρηση της μυϊκής μάζας (Westerterp, 2018). 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 σύστασης σώματος και την προώθηση της απώλειας βάρους (Jensen et al., 2014).

Αρκετές μελέτες έχουν χαρακτηρίσει τις διαφορές που υπάρχουν στην επίδραση διαφορετικών μεθόδων προπόνησης (καρδιοαναπνευστική προπόνηση μέτριας ή υψηλής έντασης, προπόνηση αντιστάσεων, διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης, κ.α.) όσον αφορά την απώλεια βάρους

και τη σύσταση σώματος (Miller et al., 2014; Viana et al., 2019; Zhang et al., 2021). Για παράδειγμα, η υψηλής έντασης διαλειμματική προπόνηση φαίνεται να είναι αρκετά αποτελεσματική στην απώλεια βάρους και μάλιστα σε μικρότερο χρόνο προπόνησης συγκριτικά με τη μέτριας έντασης συνεχόμενη μέθοδο προπόνησης (Wewege, van den Berg, Ward, & Keech, 2017). Ωστόσο και η δεύτερη επιφέρει σημαντικές προσαρμογές όπως βελτίωση της σύστασης σώματος, μείωση της αντίστασης στην ινσουλίνη και της αρτηριακής πίεσης, και προαγωγή της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας (Álvarez, Ramírez-Campillo, Ramírez-Vélez, & Izquierdo, 2017; Ramírez-Vélez et al., 2020). Ιδιαίτερα ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι σημαντικά οφέλη για την υγεία μπορούν να προκύψουν από τη συμμετοχή σε άσκηση ακόμη και όταν αυτή συνοδεύεται από μικρή ή καθόλου μείωση του σωματικού βάρους (King, Hopkins, Caudwell, Stubbs, & Blundell, 2009). Καταληκτικά, αν και οι θετικές επιδράσεις της άσκησης και της προπόνησης με διαφορετικές μεθόδους στη σύσταση σώματος και τη φυσική κατάσταση έχουν διερευνηθεί εκτενώς, η γνώση αναφορικά με την ενεργειακή δαπάνη που προκαλείται κατά τη διάρκεια εκτέλεσης πολυαρθρικών-λειτουργικών ασκήσεων, παραμένει ελλιπής. Η ανάγκη για τη συγκεκριμένη πληροφορία είναι σημαντική καθότι πρόκειται για ασκήσεις οι οποίες εφαρμόζονται ευρέως τόσο χώρος της άσκησης αναψυχής όσο και στον αθλητικό χώρο, από το μέσο ασκούμενο μέχρι αθλητές υψηλού επιπέδου. Επομένως, διαιτολόγοι και προπονητές φυσικής κατάστασης θα είναι σε θέση να διαχειριστούν το ενεργειακό ισοζύγιο των αθλητών/ασκούμενων με μεγαλύτερη ακρίβεια, ρυθμίζοντας την ημερήσια διατροφική πρόσληψη και τα στοιχεία της επιβάρυνσης κατά την άσκηση, αντίστοιχα.

Συνεπώς η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στον προσδιορισμό της ενεργειακής δαπάνης κατά την εκτέλεση λειτουργικών ασκήσεων με χρήση ειδικών σακιών. Οι ασκήσεις που θα μελετηθούν αποτελούν περιεχόμενο λειτουργικής προπόνησης η οποία έχει ως στόχο να βελτιώσει την ικανότητα συγκεκριμένων μυών και αρθρώσεων ώστε να συνεργάζονται πιο αποτελεσματικά όταν το σώμα κινείται μέσα από διαφορετικά επίπεδα κίνησης, καθώς και να αναπτύξει τους μύες που βοηθούν στη σταθεροποίηση του σώματος όταν συμβαίνει αυτή η κίνηση (Peterson & Journal, 2017). Αυτού του είδους προπόνηση απαιτεί μεγάλη σταθεροποίηση στον πυρήνα, κάτι που ενισχύει την ικανότητα των ατόμων να ελέγχουν το σώμα τους μέσω διαφορετικών επιπέδων κίνησης (Peterson & Journal, 2017). Για να είναι μια άσκηση λειτουργική, δεν είναι τόσο σημαντικό το μέσο εκγύμνασης, όσο είναι ο τρόπος χρήσης του ο οποίος έχει σαν κύριο στόχο την εκγύμναση «κινήσεων» (Peterson & Journal, 2017). Για αυτό και στην συγκεκριμένη μελέτη

επιλέχθηκε το σακί ως βασικό όργανο για την εκτέλεση των ασκήσεων, διότι προσφέρει εύκολα κινήσεις σε όλα τα επίπεδα.

ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν **(i)** να προσδιοριστεί η ενεργειακή δαπάνη που προκαλείται κατά την εκτέλεση λειτουργικών ασκήσεων με ειδικά σακιά ως πρόσθετη επιβάρυνση, και **(ii)** να διερευνηθεί η επίδραση της χρονική διάρκειας εκτέλεσης του κάθε σετ (30 έναντι 45 δευτερολέπτων) στην ενεργειακή δαπάνη.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ

1. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ασκήσεων στη συνολική ενεργειακή δαπάνη.
2. Υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση της χρονική διάρκειας εκτέλεσης στη συνολική ενεργειακή δαπάνη.
3. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ασκήσεων στην καρδιακή συχνότητα.
4. Υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση της χρονική διάρκειας εκτέλεσης στην καρδιακή συχνότητα.
5. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ασκήσεων στην υποκειμενική κλίμακα αντίληψης της κόπωσης.
6. Υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση της χρονική διάρκειας εκτέλεσης στην υποκειμενική κλίμακα αντίληψης της κόπωσης.
7. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ασκήσεων στη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα.
8. Υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση της χρονική διάρκειας εκτέλεσης στη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα.

1. ΑΝΑΣΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

1.1. Ενεργειακή δαπάνη.

Το ανθρώπινο σώμα καθημερινά χρειάζεται ενέργεια για να φέρει εις πέρας απαραίτητες λειτουργίες για την επιβίωση του. Η ενέργεια προέρχεται από τις θερμίδες που προσλαμβάνει το άτομο καθημερινά μέσα από την τροφή και αποτελεί την ενεργειακή πρόσληψη (Sherwood, 2015). Από την άλλη, η ενεργειακή δαπάνη αποτελεί τις θερμίδες που δαπανώνται κατά τη διάρκεια της ημέρας σε συνάρτηση με την συνολική δραστηριότητα του κάθε ατόμου (C. Scott, 2005). Η ενεργειακή δαπάνη χωρίζεται στο εξωτερικό και το εσωτερικό έργο (Sherwood, 2015). Το εξωτερικό έργο αποτελεί την ενέργεια που χρησιμοποιεί το σώμα για την εκτέλεση των κινήσεων και την μετακίνηση αντικειμένων (Sherwood, 2015). Το εσωτερικό έργο από την άλλη, περιλαμβάνει (α) την μυϊκή σύσπαση για τη διατήρηση της στάσης του σώματος και (β) όλες τις ζωτικής σημασίας λειτουργίες του οργανισμού (Sherwood, 2015). Η ενεργειακή πρόσληψη και η ενεργειακή δαπάνη που προαναφέρθηκαν καθώς και η αποθηκευμένη ενέργεια που βρίσκεται στο σώμα, καθορίζουν το ενεργειακό ισοζύγιο (Le Magnen, 1984). Όταν η ενεργειακή πρόσληψη ξεπερνά την ενεργειακή δαπάνη το ενεργειακό ισοζύγιο είναι θετικό, ενώ όταν η ενεργειακή δαπάνη ξεπερνά την ενεργειακή πρόσληψη το ισοζύγιο θεωρείται αρνητικό (Sherwood, 2015). Τέλος, το ουδέτερο ενεργειακό ισοζύγιο προϋποθέτει ότι η ενεργειακή πρόσληψη ισούται με την ενεργειακή δαπάνη (Sherwood, 2015).

Η ενεργειακή δαπάνη εξαρτάται από τους εξής παράγοντες: (α) τον βασικό μεταβολικό ρυθμό (BMP), (β) την τροφογενή θερμογένεση, (γ) τη φυσική δραστηριότητα και (δ) την άσκηση (Westerterp, 2000). Ο BMP αποτελεί την ενέργεια που δαπανάται για την διατήρηση των ζωτικής σημασίας λειτουργιών του οργανισμού σε κατάσταση ηρεμίας (Sherwood, 2015). Επηρεάζεται από παράγοντες όπως η άσκηση, το άγχος, η πρόσληψη τροφής και το ρίγος και μετριέται σε χιλιοθερμίδες (Sherwood, 2015). Όσον αφορά την τροφογενή θερμογένεση, αποτελεί έναν μηχανισμό στον οποίο η περισσευούμενη ενέργεια των θρεπτικών συστατικών που δεν την χρησιμοποιεί το σώμα μετατρέπεται σε θερμότητα (Sherwood, 2015). Πιο αναλυτικά, κατά την επεξεργασία της τροφής που γίνεται στο ανθρώπινο σώμα, μόνο το 50% περίπου μετατρέπεται σε ATP και το υπόλοιπο 50% μετατρέπεται σε θερμότητα (Sherwood, 2015). Από το 50% που γίνεται ATP, το 25% μετατρέπεται σε θερμότητα όταν τα κύτταρα καταναλώνουν ATP (Sherwood, 2015). Τελικά, το 75% γίνεται θερμική ενέργεια από την μεταφορά ενέργειας των θρεπτικών συστατικών σε ATP και το υπόλοιπο 25% είναι διαθέσιμο για έργο (Sherwood, 2015). Τέλος, η φυσική

δραστηριότητα και η άσκηση, μέσω τη σημαντικής αύξησης που προκαλούν στην ενεργειακή δαπάνη ως αποτέλεσμα της κίνησης, επηρεάζουν το ενεργειακό ισοζύγιο δημιουργώντας ενεργειακό έλλειμμα (Blundell, Gibbons, Caudwell, Finlayson, & Hopkins, 2015).

Η αξιολόγηση της ημερήσιας θερμιδικής δαπάνης γίνεται είτε με άμεση είτε με έμμεση θερμιδομετρία (Tamura, 2019). Στα τέλη του 18^{ου} αιώνα η άμεση θερμιδομετρία ήταν η κυρίως χρησιμοποιούμενη μέθοδος για τον προσδιορισμό της ενεργειακής δαπάνης και τότε κατασκευάστηκε και ένα από τα πρώτα θερμιδόμετρα από τον Lavoisier (Westerterp, 2000). Τότε, αυτή η μέθοδος αξιολογούσε την απώλεια θερμότητας βάζοντας παγάκια στον ειδικό θάλαμο και καθώς ο πάγος έλιωνε από την θερμότητα του σώματος ζύγιζαν το νερό που είχε δημιουργηθεί (Westerterp, 2000). Σήμερα, η άμεση θερμιδομετρία μετράει την απώλεια θερμότητας με ψυκτικό ρεύμα αέρα ή νερού, ή μετρώντας την ροή θερμότητας μέσα από τον τοίχο (Westerterp, 2000). Αυτή, αποτελεί σύνθετη και ακριβή μέθοδο αφού απαιτεί την ύπαρξη ειδικού δωματίου το οποίο με τους ειδικούς μηχανισμούς που αναφέρθηκαν παραπάνω προσδιορίζει την απώλεια θερμότητας, για αυτό και δεν χρησιμοποιείται τόσο στην καθημερινότητα (Tamura, 2019). Από την άλλη, η έμμεση θερμιδομετρία μπορεί να πραγματοποιηθεί (i) με θάλαμο αναπνοής, (ii) με την μέθοδο του νερού διπλής σήμανσης ή (iii) με χρήση αναλυτή αερίων όπου μέσω ειδικής μάσκας προσώπου καταγράφονται και αναλύονται τα αναπνευστικά αέρια (O₂ και CO₂) (Westerterp, 2000). Πιο συγκεκριμένα, υπάρχει συσχετισμός μεταξύ του όγκου οξυγόνου που καταναλώνεται και της παραγόμενης θερμότητας ο οποίος επηρεάζεται από τον τύπο της δίαιτας και το είδος των θρεπτικών συστατικών που προσλαμβάνει ο καθένας (Sherwood, 2015). Μάλιστα η έμμεση θερμιδομετρία είναι αυτή που χρησιμοποιείται πιο συχνά καθώς αποτελεί μια απλή σχετικά διαδικασία με ελάχιστο εξοπλισμό (Sherwood, 2015).

Η ημερήσια ενεργειακή δαπάνη διαφέρει από άτομο σε άτομο γιατί επηρεάζεται από παράγοντες όπως το βάρος, το φύλο καθώς και από το επίπεδο φυσικής δραστηριότητας και άσκησης (Sherwood, 2015; Westerterp, 2008). Πιο αναλυτικά το αυξημένο ποσοστό της άλιπης σωματικής μάζας σε σχέση με τη λιπώδη μάζα προκαλεί αύξηση στον μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας, επομένως και στην ημερήσια θερμιδική δαπάνη (Speakman & Selman, 2003). Σημαντικό ρόλο στον μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας όπως προαναφέρθηκε έχει και το φύλο, καθώς φαίνεται πως οι άνδρες έχουν σημαντικά υψηλότερες τιμές από τις γυναίκες κάτι που αποδίδεται στη μεγαλύτερη σωματική διάπλαση των ανδρών (Ribeyre et al., 2000; Stec & Rawson, 2012). Τέλος, η φυσική δραστηριότητα και η άσκηση προκαλούν σημαντική αύξηση στην ενεργειακή δαπάνη και

αποτελούν δυο καθοριστικούς παράγοντες για την συνολική ημερήσια ενεργειακή δαπάνη (Westerterp, 2018).

1.2. Ενεργειακή δαπάνη κατά τη διάρκεια και μετά το τέλος της άσκησης.

Στο ανθρώπινο σώμα εκτελούνται καθημερινά πολλές κυτταρικές λειτουργίες οι οποίες είναι απαραίτητες για την επιβίωση του σε κατάσταση ηρεμίας όσο και κατά την κίνηση. Για την εκτέλεση αυτών των λειτουργιών απαιτείτε ενέργεια η οποία προέρχεται μέσα στο χημικούς δεσμούς της τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP) (C. Scott, 2005). Η ATP βρίσκεται σε μικρή ποσότητα αποθηκευμένη στα μυϊκά κύτταρα και πιο συγκεκριμένα το συνολικό απόθεμα της είναι 180 mmoles (=ισούται με 1,8 χιλιοθερμίδες), με αποτέλεσμα η ποσότητα της ενέργειας αυτής να μπορεί να υποστηρίξει το μυϊκό έργο για λίγα μόνο δευτερόλεπτα στην αρχή μέγιστης έντασης προσπάθειας (Κλεισούρας, 2011). Συνεπώς για την συνέχεια του μυϊκού έργου απαιτείται η συνεχόμενη ανασύνθεση της ATP (C. Scott, 2005; Κλεισούρας, 2011). Η φωσφοκρεατίνη (PC), της οποίας η ποσότητα στον μυϊκό ιστό είναι πέντε φορές μεγαλύτερη από αυτή της ATP, διασπάται στην αρχή της άσκησης και αποδίδει ενέργεια στα πρώτα 10 δευτερόλεπτα μέγιστης προσπάθειας ενώ η ανασύνθεση της γίνεται στα πρώτα λεπτά της αποκατάστασης κάτι που εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ένταση αλλά και τη διάρκεια της άσκησης (Κλεισούρας, 2011). Η ATP και η PC αποτελούν το σύστημα των φωσφαγόνων το οποίο αποδίδει άμεσα ενέργεια (Κλεισούρας, 2011).

Το γλυκολυτικό σύστημα περιλαμβάνει την διαδικασία της γλυκόλυση και βασίζεται στην αποδόμηση του γλυκογόνου, το οποίο αποτελεί την αποθηκευμένη μορφή των υδατανθράκων στα μυϊκά κύτταρα και στο συκώτι (Κλεισούρας, 2011). Κατά την άσκηση το γλυκογόνο διασπάται αρχικά σε γλυκόζη και 1-φωσφορική γλυκόζη τα οποία στη συνέχεια μετατρέπονται σε 6-φωσφορική γλυκόζη (Κλεισούρας, 2011). Η 6-φωσφορική γλυκόζη μέσω των διαφόρων σταδίων της γλυκόλυσης μετατρέπεται σε πυροσταφυλικό οξύ το οποίο ανάλογα με την ένταση της άσκησης αποδίδει ενέργεια μέσω είτε του αερόβιου είτε του αναερόβιου καταβολισμού (Κλεισούρας, 2011). Σε υψηλής έντασης άσκηση, η ανεπάρκεια οξυγόνου προάγει τη μετατροπή του πυροσταφυλικού σε γαλακτικό οξύ ενώ σε χαμηλής έντασης άσκηση το πυροσταφυλικό οξύ ακολουθεί το μονοπάτι του αερόβιου καταβολισμού μετατρέπόμενο αρχικά σε ακετυλο-συνένζυμο Α (Κλεισούρας, 2011). Ο κύκλος του κιτρικού οξέος αποτελεί την αρχή της αερόβια παραγωγής ενέργειας και περιλαμβάνει ένα κύκλο πολλών αντιδράσεων ο οποίος επαναλαμβάνεται όσο η

ποσότητα οξυγόνου, τα ένζυμα και τα ενεργειακά υποστρώματα αρκούν για την παραγωγή ενέργειας μέσω αυτού του συστήματος (Κλεισούρας, 2011). Η επόμενη οδός για την ανασύνθεση ATP είναι η οξειδωτική φωσφορυλίωση, η οποία διασπά τα άτομα υδρογόνου (H), που προέρχονται από τις ενδιάμεσες ενώσεις, σε θετικά και αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια (Κλεισούρας, 2011). Όταν η διάσπαση των ηλεκτρονίων γίνεται μέσω υδρογονοφόρων συνενζύμων αυτά παράγουν περισσότερη ενέργεια από ότι παράγουν όταν γίνεται σύνδεση με το οξυγόνο (Κλεισούρας, 2011). Ο κύκλος του κιτρικού οξέος και η οξειδωτική φωσφορυλίωση αποτελούν το οξειδωτικό σύστημα (Κλεισούρας, 2011).

Παραπάνω περιεγράφηκαν το γλυκολυτικό και το οξειδωτικό σύστημα παραγωγής ενέργειας. Ο βαθμός στον οποίο τα δύο αυτά συστήματα συνεισφέρουν στην παραγωγή ενέργειας εξαρτάται από την διάρκεια και την ένταση της άσκησης (Κλεισούρας, 2011). Σε άσκηση μικρής διάρκειας και μέγιστης έντασης επικρατεί ο αναερόβιος μεταβολισμός ενώ σε προσπάθειες μεγάλης διάρκειας και χαμηλής έντασης κυριαρχεί ο αερόβιος μεταβολισμός (Κλεισούρας, 2011). Όσο μεγαλύτερη η ένταση της άσκησης τόσο πιο πολύ χρησιμοποιούνται οι υδατάνθρακες για την παραγωγή ενέργειας ενώ σε ήπιες εντάσεις χρησιμοποιούνται κυρίως οι τριακυλογλυκερόλες (Κλεισούρας, 2011). Σε προσπάθειες που διαρκούν έως 3 δευτερόλεπτα, όπως για παράδειγμα η άρση βαρών, τα άλματα κ.α., η ATP προέρχεται από το σύστημα των φωσφαγόνων (Κλεισούρας, 2011). Σε προσπάθειες που διαρκούν από 4 έως 50 δευτερόλεπτα, στα πρώτα 10 δευτερόλεπτα η υπερισχύει PC, έπειτα PC και γλυκόλυση συνεισφέρουν εξίσου ενώ προς το τέλος της προσπάθειας (>30 δευτερόλεπτα) κυριαρχεί η γλυκόλυση (Κλεισούρας, 2011). Σε προσπάθειες οι οποίες διαρκούν από 1 έως 3 λεπτά η παραγωγή ενέργειας βασίζεται κατά κύριο λόγο στο γλυκολυτικό σύστημα ενώ σε προσπάθειες που ξεπερνούν τα 3 λεπτά το οξειδωτικό σύστημα είναι αυτό που κυριαρχεί στην παραγωγή ενέργειας (Κλεισούρας, 2011). Συνεπώς, προσπάθειες που διαρκούν έως 1 λεπτό βασίζονται κατά κύριο λόγο στον αναερόβιο καταβολισμό των υδατανθράκων εκείνες που ξεπερνούν τα 30 λεπτά βασίζονται στον αερόβιο καταβολισμό των υδατανθράκων και των λιπών (Κλεισούρας, 2011).

Με την ολοκλήρωση της άσκησης, η κατανάλωση οξυγόνου παραμένει αυξημένη για αρκετά λεπτά ή ώρες μέχρι να επανέλθει στις τιμές ηρεμίας (Børsheim & Bahr, 2003). Αυτή η αύξηση αποτελεί το φαινόμενο της «περίσσειας κατανάλωσης οξυγόνου μετά την άσκηση» (EPOC, Excessive Post-Exercise Oxygen Consumption) (Børsheim & Bahr, 2003). Το μέγεθος της αύξησης αυτής εξαρτάται από την ένταση, την διάρκεια καθώς και το είδος της άσκησης (Greer,

Sirithienthad, Moffatt, Marcello, & Panton, 2015). Όσο αυξάνεται η ένταση της άσκησης τόσο πιο μεγάλες είναι οι τιμές του EPOC, και συνεπώς περισσότερος χρόνος απαιτείται για να επανέλθει η κατανάλωση οξυγόνου στη αρχική της τιμή (Børsheim & Bahr, 2003). Έκτος από την ένταση της άσκησης και η διάρκεια επηρεάζει την αύξηση στο EPOC. Συγκεκριμένα, σε μελέτη που έγινε σε διάδρομο με ένταση 70% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}) για 20, 40 και 60 λεπτά παρατηρήθηκε διπλασιασμός του EPOC στα 60 λεπτά συγκριτικά με τα 20 και τα 40 (Quinn, Vroman, & Kertzer, 1994). Όσο αφορά το είδος της άσκησης, όπως φαίνεται και στην μελέτη του Beau Kjerulf Greer, η άσκηση με αντιστάσεις αλλά και η υψηλής έντασης διαλειμματική άσκηση προκαλούν αύξηση του EPOC και του BMP η οποία μάλιστα διαρκεί έως και 21 ώρες μετά, προκαλώντας με αυτό τον τρόπο μια μεγαλύτερη συνολική ημερήσια θερμιδική δαπάνη (Greer et al., 2015). Σε άλλη μελέτη στην οποία συμμετείχαν γυναίκες με καλό επίπεδο καρδιοαναπνευστικής ικανότητας διαπιστώθηκε ότι τα 30 λεπτά άσκησης με αντιστάσεις προκάλεσαν μεγαλύτερες τιμές EPOC ωστόσο τα 30 λεπτά διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης οδήγησαν σε μεγαλύτερη αύξηση της θερμιδικής δαπάνης για τις επόμενες 14 ώρες μετά την άσκηση (Greer, O'Brien, Hornbuckle, & Panton, 2021). Επίσης, έχει βρεθεί ότι η περίσσεια κατανάλωση οξυγόνου μετά το τέλος της άσκησης επανέρχεται γρηγορότερα στις τιμές ηρεμίας στα προπονημένα άτομα συγκριτικά με τα απροπόνητα, αναδεικνύοντας τον ρόλο του προπονητικού επιπέδου στο EPOC (Børsheim & Bahr, 2003).

Κατά τη διάρκεια της άσκησης η ενεργειακή δαπάνη επηρεάζεται κυρίως από τα στοιχεία της επιβάρυνσης (το είδος, η ένταση, η διάρκεια, η ποσότητα και η συχνότητα). Χαρακτηριστικά στη μελέτη του Christopher B Scott και των συνεργατών του, διαπιστώθηκε ότι η προπόνηση με αντιστάσεις με στόχο την μυϊκή αντοχή προκαλεί μεγαλύτερη θερμιδική δαπάνη συγκριτικά με την προπόνηση αντιστάσεων που στοχεύει στην μυϊκή δύναμη (C. B. Scott, Leighton, Ahearn, & McManus, 2011). Το γεγονός ότι οι ασκήσεις μυϊκής αντοχής χαρακτηρίζονται από αυξημένη ενεργειακή δαπάνη σε σχέση με αυτές της δύναμης υποδεικνύει ότι ο αναερόβιος μηχανισμός παραγωγής ενέργειας δημιουργεί μεγαλύτερες τιμές στο EPOC σε σχέση με τον αερόβιο (C. B. Scott et al., 2011). Σε άλλη μελέτη όπου συγκρίθηκε η θερμιδική δαπάνη και το EPOC κατά την διάρκεια υψηλής έντασης διαλειμματικής άσκησης σε διάδρομο, η οποία διήρκεσε περίπου 10 λεπτά, και σε μέτριας έντασης συνεχόμενη άσκηση, διαπιστώθηκε ότι η υψηλής έντασης διαλειμματική άσκηση επέφερε μεγαλύτερη αύξηση της θερμιδικής δαπάνης και υψηλότερες τιμές EPOC (Schaun, Alberton, Ribeiro, & Pinto, 2017).

1.3. Αξιολόγηση της θερμιδικής δαπάνης κατά την άσκηση

Ο Wilmore και οι συνεργάτες του, ήταν οι πρώτοι που επιχείρησαν να προσδιορίσουν την ενεργειακή δαπάνη κατά τη διάρκεια άσκησης με αντιστάσεις και το έκαναν εφαρμόζοντας έμμεση θερμιδομετρία, αξιολογώντας την ενεργειακή δαπάνη όχι μόνο κατά τη διάρκειά της άσκησης αλλά και μετά το τέλος αυτής (EPOC) (Wilmore et al., 1978). Η συνεχόμενη καταγραφή της κατανάλωσης οξυγόνου (VO_2) κατά την διάρκεια της άσκησης μέσω φορητού αναλυτή αερίων παρέχει τη δυνατότητα εκτίμησης της συνεισφοράς του οξειδωτικού συστήματος στην ενεργειακή δαπάνη (Reis, Júnior, Zajac, & Oliveira, 2011). Ωστόσο, για την έγκυρη εκτίμηση της ενεργειακής δαπάνης κατά τη διάρκεια άσκησης αντιστάσεων ή υψηλής έντασης διαλειμματικής άσκησης, πέρα από τη μέτρηση της κατανάλωσης οξυγόνου κατά τη διάρκειά της αλλά και αμέσως μετά το τέλος αυτής (EPOC), απαιτείται και ο προσδιορισμός της μεταβολής στη συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος ως ένδειξη συμμετοχής του γλυκολυτικού συστήματος στην παραγωγή ενέργειας. Τη συγκεκριμένη μεθοδολογία εφάρμοσαν επιτυχώς οι Christopher B Scott και οι συνεργάτες του, προσδιορίζοντας την ενεργειακή δαπάνη στις πιέσεις στήθους σε πάγκο μετρώντας τη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα πριν και μετά την άσκηση (στα 2, 4 και 6 λεπτά), την κατανάλωση οξυγόνου κατά την διάρκεια της άσκησης καθώς και μετά από αυτή μέχρι η κατανάλωση οξυγόνου να φτάσει σε τιμές ηρεμίας (EPOC) (C. B. Scott, Croteau, & Ravlo, 2009). Έχει τεκμηριωθεί πως αν υπάρχει έστω και μια μικρή συνεισφορά του γλυκολυτικού συστήματος κατά την εκτέλεση κυκλικής προπόνησης με αντιστάσεις και δεν συνυπολογιστεί στην ενεργειακή δαπάνη τότε υπάρχει ο κίνδυνος υποεκτίμησης της συνολικής ενεργειακής δαπάνης (Benito et al., 2016). Συνεπώς, για την έγκυρη εκτίμηση της ενεργειακής δαπάνης κατά την άσκηση απαιτείται ο υπολογισμός της συνεισφοράς σε αυτή: (α) του γλυκολυτικού συστήματος, (β) του οξειδωτικού συστήματος και (γ) της περίσσειας κατανάλωσης οξυγόνου μετά την άσκηση (EPOC), και αυτό επιτυγχάνεται μέσω της μέτρησης (i) της κατανάλωσης οξυγόνου (VO_2) κατά την διάρκεια της άσκησης, (ii) της μεταβολής της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος στο αίμα μετά την άσκηση σε σχέση με τιμές ηρεμίας και (iii) της περίσσειας κατανάλωσης οξυγόνου μετά το τέλος της άσκησης (EPOC) (C. B. Scott et al., 2009).

1.4. Προπόνηση με σακιά

Τα σακιά δεν αποτελούν ένα σύνηθες μέσο εκγύμνασης όπως είναι οι μπάλες αστάθειας, οι μάντες αιώρησης κ.α., όμως αποτελούν ένα μέσο το οποίο μπορεί εύκολα να προσομοιάσει τις δουλειές της καθημερινότητας όπως είναι η μετακίνηση επίπλων, η μεταφορά διαφόρων ειδών παντοπωλείου με σακούλες, η μεταφορά σακιδίων για κάποιο ταξίδι κ.α. , βοηθώντας έτσι τους ανθρώπους να μπορούν να ανταπεξέλθουν ευκολότερα σε αυτή (Hirshberg, 2015). Φαίνεται λοιπόν, πως τα σακιά αποτελούν καλή επιλογή για ένα πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης που αφορά τόσο άντρες όσο και γυναίκες (Hirshberg, 2015). Σαν μέσο εκγύμνασης ίσως φαίνεται περιοριστικό αλλά αυτό στην πραγματικότητα δεν ισχύει. Υπάρχουν πληθώρα ασκήσεων που μπορούν να εκτελεστούν και καλύπτουν όλα τα βασικά κινητικά πρότυπα (Hirshberg, 2015). Πιο αναλυτικά, γίνονται πολλές ασκήσεις σε ύπτια ή πρηνή θέση στο έδαφος οι οποίες έχουν ως στόχο την μυϊκή ενεργοποίηση του πυρήνα (Hirshberg, 2015). Επιπλέον, γίνονται ασκήσεις βασικές όπως είναι τα (α) τα καθίσματα, (β) οι άρσεις θανάτου, (γ) οι προβολές, (δ) τα μονοποδικά καθίσματα με αρκετές παραλλαγές που μπορούν να καλύψουν από έναν μέσο ασκούμενο μέχρι και έναν αθλητή (Hirshberg, 2015). Πέρα όμως από αυτές τις ασκήσεις που αφορούν κυρίως τα κάτω άκρα, γίνονται και ασκήσεις όπως (α) πιέσεις ώμων, στήθους, τρικεφάλων κ.α. καθώς και ασκήσεις (β) έλξεων και (γ) περιστροφών (Hirshberg, 2015). Τέλος, μπορούν να εκτελεστούν ασκήσεις με (α) πλειομετρικό στοιχείο κίνησης , (β) ολυμπιακές άρσεις, καθώς και (γ) συνδυασμό ασκήσεων (Hirshberg, 2015).

Το συγκεκριμένο μέσο προπόνησης δίνει στην προπόνηση κάτι που μια σκέτη μπάρα, χωρίς συνδυασμό άλλο οργάνου, δεν μπορεί να δώσει (Hirshberg, 2015). Αυτό είναι η αστάθεια που δημιουργεί κατά την διάρκεια μιας άσκησης, η οποία αναγκάζει να εργαστούν μύες σταθεροποιητικά για να εκτελεστεί η άσκηση με σωστή στάση σώματος (Hirshberg, 2015). Στην αγορά υπάρχουν αρκετά όργανα τα οποία προσφέρουν αστάθεια τα οποία δεν μπορείς να χρησιμοποιήσεις μεγάλο φορτίο. Από την άλλη, τα σακιά αποτελούν μέσο το οποίο συνδυάζει την αστάθεια και την ανάπτυξη δύναμης με περιορισμένο κίνδυνο τραυματισμού αφού πολύ εύκολα μπορεί να απομακρυνθεί από το σώμα με ένα απλό «πέταγμα» (Hirshberg, 2015). Τέλος, η τιμή τους στην αγορά συγκριτικά με άλλα όργανα γυμναστικής είναι προσιτή (Hirshberg, 2015).

Τα σακιά είναι το μέσο εκγύμνασης το οποίο, δίνει την δυνατότητα στο κάθε άτομο να κάνει τον στόχο του πραγματικότητα. Πιο απλά, είναι το μέσο το οποίο εξυπηρετεί όλες τις μεθόδους προπόνησης και προσαρμόζεται στις ανάγκες καθενός (Hirshberg, 2015). Κάποιες από αυτές είναι (α) η απλή μέθοδος με τα σεν και τις επαναλήψεις, (β) διαλειμματική προπόνηση, (γ) προπόνηση

αντοχής κ.α.. Κάνοντας μια ανασκόπηση στην βιβλιογραφία, φάνηκε πως τα σακιά χρησιμοποιούνται σε ηλικιωμένα άτομα με στόχο την αύξηση της δύναμης των κάτω άκρων (Judge, Whipple, & Wolfson, 1994). Επιπλέον, σε μια άλλη μελέτη χρησιμοποίησαν τα σακιά σε άτομα με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2 για να ενισχύσουν την μυϊκή τους δύναμη (Chien, Tsai, Wang, Chuang, & Lin, 2022). Φαίνεται λοιπόν, πως το συγκεκριμένο μέσο εκγύμνασης καλύπτει από νέους μέχρι και ενήλικες καθώς και άτομα με νοσήματα.

1.5. Σημαντικότητα προσδιορισμού της ενεργειακής δαπάνης κατά την άσκηση με σακιά.

Η παχυσαρκία στις μέρες μας έχει αυξηθεί και αποτελεί σημαντική απειλή για τη δημόσια υγεία, αφού σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο εκδήλωσης χρόνιων νοσημάτων όπως καρκίνο, εγκεφαλικά επεισόδια, μεταβολικές ασθένειες, καρδιακή ανεπάρκεια και άλλες καρδιαγγειακές παθήσεις (Niemi et al., 2022). Η αντιμετώπισή της απαιτεί την μείωση του λιπώδους ιστού η οποία επιτυγχάνεται κυρίως μέσα από την αλλαγή της διατροφής και αύξηση της ενεργειακής δαπάνης μέσω της άσκησης (Niemi et al., 2022). Το Αμερικανικό Κολλέγιο Αθλητικής (ACSM) προτείνει τη συστηματική συμμετοχή είτε σε αερόβια είτε σε αναερόβια άσκηση (Niemi et al., 2022). Η αερόβια άσκηση αποτελούσε και συνεχίζει να αποτελεί κύρια επιλογή για την απώλεια βάρους (Benito et al., 2016). Πέρα από αυτή ωστόσο, η άσκηση με αντιστάσεις συνιστάται εξίσου για την προαγωγή της υγείας καθώς και για την απώλεια βάρους (Benito et al., 2016). Επιπλέον, ο συνδυασμός προπόνησης με αντιστάσεις και καρδιοαναπνευστικού τύπου άσκησης έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικός στην απώλεια σωματικού λίπους συμβάλλοντας ταυτόχρονα στη διατήρηση της μυϊκής μάζας (Vilaca, Bottaro, & Santos, 2011). Το είδος της άσκησης, ο εξοπλισμός, οι επαναλήψεις, ο αριθμός των σετ ανά συνεδρία, ο χρόνος εκτέλεσης, το διάστημα αποκατάστασης και η σειρά εκτέλεσης των ασκήσεων μπορεί να επηρεάσουν την ενεργειακή δαπάνη κατά τη διάρκεια της προπόνησης με αντιστάσεις (João et al., 2020).

Αρκετές μελέτες έχουν εξετάσει την ενεργειακή δαπάνη που προκαλεί η προπόνηση δύναμης. Σε μια από αυτές, 140 προεμμηνοπαυσιακές, υπέρβαρες γυναίκες, ηλικίας 20-44 ετών, χωρίς καμία προπονητική εμπειρία κατά τη διάρκεια του προηγούμενου έτους, χωρίστηκαν τυχαιοποιημένα σε τρεις ομάδες όπου η μία ομάδα συμμετείχε σε καρδιοαναπνευστικού τύπου άσκηση με συχνότητα 3 φορές/εβδομάδα (40 λεπτά/ημέρα), η δεύτερη συμμετείχε σε άσκηση με αντιστάσεις με συχνότητα επίσης 3 φορές/εβδομάδα (10 ασκήσεις/2 σετ x 10 επαναλήψεις) και η τρίτη ομάδα δεν ασκήθηκε (Hunter, Fisher, Neumeier, Carter, & Plaisance, 2015). Παράλληλα, και οι 3 ομάδες

ακολούθησαν δίαιτα 800 χιλιοθερμίδων ανά ημέρα μέσω συγκεκριμένης διατροφικής πρόσληψης (Hunter et al., 2015). (Hunter et al., 2015). Οι ερευνητές ανέφεραν ότι η συνολική ενεργειακή δαπάνη μειώθηκε μετά την απώλεια βάρους για την ομάδα που δεν συμμετείχε σε άσκηση, αλλά όχι για εκείνους που συμμετείχαν σε καρδιοαναπνευστική άσκηση και άσκηση με αντιστάσεις (Hunter et al., 2015). Ωστόσο σε όλες τις ομάδες παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στο μεταβολικό ρυθμό ηρεμία μετά την απώλεια βάρους (Hunter et al., 2015). Επίσης, έχει αναφερθεί ότι η προπόνηση με αντιστάσεις προκαλεί υψηλότερη ενεργειακή δαπάνη όταν εκτελείται με χαμηλή ένταση (30% της 1ME) συγκριτικά με υψηλότερες εντάσεις (85% της 1ME), αλλά χαμηλότερη ενεργειακή δαπάνη μετά τη διακοπή της δραστηριότητας καθώς και μεταξύ των συνεδριών της (Heden, Lox, Rose, Reid, & Kirk, 2011). Εκτός από την απομονωμένη προπόνηση με αντιστάσεις, φαίνεται πως ο συνδυασμός καρδιοαναπνευστικής και προπόνησης με αντιστάσεις στην ίδια αλλά και σε διαφορετική προπονητική συνεδρία, επιδρά θετικά στην απώλεια σωματικού λίπους μέσα από την αυξημένη ενεργειακή δαπάνη που προκαλείται (Vilaça et al., 2011). Από τα παραπάνω διαπιστώνεται πως η προπόνηση με αντιστάσεις βοηθάει αρκετά τα άτομα να αυξήσουν την άλιπη σωματική τους μειώνοντας παράλληλα τη λιπώδη μάζα, καθότι αυξάνει την ενεργειακή δαπάνη κατά την αποκατάσταση (Mazzetti et al., 2011).

Παρόλα αυτά, μια μόνο μελέτη μέχρι σήμερα έχει εξετάσει την ενεργειακή δαπάνη που προκαλούν οι ασκήσεις με σακιά, συγκρίνοντάς τη με αυτή που προκαλείται κατά το τρέξιμο σε διάδρομο με ένταση 60% και 80% της VO_{2max} καθώς και με μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας (Ratamess et al., 2018). Οι ερευνητές παρατήρησαν πως η κυκλική προπόνηση τα σακιά προκάλεσε μεγαλύτερη ενεργειακή δαπάνη στα πρώτα 30 λεπτά μετά την ολοκλήρωσή της συγκριτικά με τα 2 πρωτόκολλα στο διάδρομο (Ratamess et al., 2018). Ωστόσο κατά την διάρκεια της άσκησης διαπιστώθηκε μεγαλύτερη θερμιδική δαπάνη στο πρωτόκολλο με ένταση 80% VO_{2max} σε σχέση με εκείνο με ένταση 60% VO_{2max} καθώς και με την κυκλική προπόνηση με σακιά (Ratamess et al., 2018).

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Συμμετέχοντες

Πραγματοποιήθηκε προκαταρκτική ανάλυση ισχύος (probability error: 0.05, power: 0.85, effect size: 0.30) από την οποία προέκυψε ότι ο ελάχιστος αριθμός συμμετεχόντων που απαιτούνται προκειμένου να εντοπιστούν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις κύριες εξαρτημένες μεταβλητές, σε έναν πειραματικό σχεδιασμό με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε 8 χρονικές στιγμές και 2 πειραματικές συνθήκες και, είναι 9 άτομα. Αντίστοιχα, στην παρούσα μελέτη έλαβαν μέρος 10 άνδρες, ηλικίας 19-23 ετών, οι οποίοι ήταν αθλητές αναψυχής ($\text{VO}_{2\text{max}}$: 49 ± 6 ml/kg/min, 1ME πιέσεις στήθους: 84.5 ± 17.2 κιλά, 1ME κάθισμα: 106.5 ± 21.1 κιλά). Οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν για τον σκοπό της μελέτης, τον ερευνητικό σχεδιασμό, τα οφέλη αλλά και τους πιθανούς κινδύνους από τη συμμετοχή τους πριν υπογράψουν το έντυπο ιατρικού ιστορικού και δηλώσουν ενυπόγραφα την συμμετοχή τους στην μελέτη. Τα κριτήρια συμμετοχής στη μελέτη ήταν: α) να είναι υγιείς (χωρίς χρόνιο νόσημα ή μυοσκελετικό τραυματισμό), β) νεαροί ενήλικες (18-35 ετών) γ) να μην ακολουθούν πρόγραμμα αυστηρής νηστείας κατά την διάρκεια της μελέτης δ) απουσία φαρμακευτικής αγωγής για τουλάχιστον έξι μήνες πριν την έναρξη της μελέτης, αλλά και κατά την διάρκεια αυτής ε) διακοπή της κατανάλωσης αλκοόλ και συμπληρωμάτων διατροφής κατά τη διάρκεια της μελέτης. Η μελέτη έλαβε έγκριση από την Εσωτερική Επιτροπή Δεοντολογίας του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Αριθμ. Πρωτ: 2099).

2.2 Πειραματικός σχεδιασμός

Για το σκοπό της μελέτης χρησιμοποιήθηκε τυχαιοποιημένος ερευνητικός σχεδιασμός επαναλαμβανόμενων μετρήσεων, με δύο πειραματικές συνθήκες (30 δευτερολέπτων vs 45 δευτερολέπτων) και 8 διαφορετικές ασκήσεις στην κάθε συνθήκη, όπου όλοι οι συμμετέχοντες έλαβαν μέρος σε όλες τις συνθήκες (με τυχαιοποιημένη σειρά). Όλες οι διαδικασίες και μετρήσεις/αξιολογήσεις της μελέτης υλοποιήθηκαν στο εργαστήριο Βιοχημείας, Φυσιολογίας και Διατροφής της Άσκησης (SmArT Lab) του Κέντρου Αξιολόγησης Φυσικής Απόδοσης (ΚΕΑΦΑ) του Τ.Ε.Φ.Α.Α. του Π.Θ. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε περίοδος εξοικείωσης 7 ημερών στην οποία τα άτομα εξοικειώθηκαν τόσο με την τεχνική των ασκήσεων όσο και με τις δοκιμασίες αξιολόγησης της φυσικής τους απόδοσης. Μετά την περίοδο εξοικείωσης, οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε αξιολόγηση των περιγραφικών τους χαρακτηριστικών η οποία υλοποιήθηκε σε

τρεις επισκέψεις με μεταξύ τους διάστημα 24 - 48 ώρες. Στην πρώτη επίσκεψη υποβλήθηκαν σε αξιολόγηση του σωματικού βάρους και ύψους, του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας, της καρδιακής συχνότητας ηρεμίας, των περιφερειών μέσης και ισχίου και της σύστασης σώματος. Στην δεύτερη επίσκεψη, πραγματοποιήθηκε μέτρηση της λειτουργικής τους ικανότητας με χρήση της δέσμης δοκιμασιών FMS καθώς και προσδιορισμός της μέγιστης δύναμης άνω και κάτω μέρους του σώματος με τη μέθοδο της 1 μέγιστης επανάληψης (1-ME) στις ασκήσεις, πιέσεις στήθους σε πάγκο και κάθισμα, αντίστοιχα. Στην τρίτη επίσκεψη πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση της μυϊκής αντοχής και της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας.

Μετά την ολοκλήρωση των περιγραφικών μετρήσεων της μελέτης, οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν με τυχαιοποιημένη σειρά τις 8 ασκήσεις, με την κάθε άσκηση να εκτελείται σε δυο συνθήκες: (α) χρονική διάρκεια εκτέλεσης 30 δευτερόλεπτα (συνθήκη 30'') και (β) χρονική διάρκεια εκτέλεσης 45 δευτερόλεπτα (συνθήκη 45''). Πιο συγκεκριμένα, οι εθελοντές, επισκέφθηκαν το ερευνητικό μέρος 16 φορές και κάθε φορά εκτελούσαν μια τυχαία άσκηση σε μια από τις δύο συνθήκες (1 σετ των 30 ή 45 δευτερολέπτων). Στους συμμετέχοντες δόθηκε η οδηγία να απέχουν από έντονη φυσική δραστηριότητα ή άσκηση, καθ' όλη την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας. Επιπρόσθετα, όλες οι ασκήσεις πραγματοποιήθηκαν νωρίς το πρωί (08:00- 11:00 π.μ.), για να αποφευχθεί η επίδραση του κιρκάδιου ρυθμού στην ΕΔ καθώς και να μπορούν οι συμμετέχοντες να παραμένουν σε συνθήκες νηστείας καθώς εκτελούν την κάθε άσκηση (δεν υπήρχε κατανάλωση τροφίμων ή ποτών τις προηγούμενες ώρες).

Η καθημερινή διαδικασία που ακολουθήθηκε μέχρι να ολοκληρωθεί η πειραματική διαδικασία των 8 ασκήσεων είναι η εξής: αρχικά ο κάθε δοκιμαζόμενος έμεινε σε καθιστή θέση 15 περίπου λεπτά και αφού περνούσαν αυτά τα λεπτά γινόταν λήψη τριχοειδικού αίματος για την μέτρηση της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος, ενώ παράλληλα γινόταν χρήση καρδιοσυχνόμετρου και φορητού αναλυτή αερίων για την αξιολόγηση της καρδιακής συχνότητας και της κατανάλωσης οξυγόνου ηρεμίας, αντίστοιχα. Στην συνέχεια, ο δοκιμαζόμενος εκτελούσε την άσκηση φορώντας καθ' όλη την διάρκεια καρδιοσυχνόμετρο και φορητό αναλυτή αερίων, για την καταγραφή καρδιακών παλμών και της κατανάλωσης οξυγόνου. Αμέσως μετά το πέρας της άσκησης, ο δοκιμαζόμενος επέστρεφε σε καθιστή θέση, φορώντας τον φορητό αναλυτή αερίων και το καρδιοσυχνόμετρο, περιμένοντας μέχρις ότου η κατανάλωση οξυγόνου να επιστρέψει περίπου στα αρχικά επίπεδα κατανάλωσης ηρεμίας (απόκλιση $\pm 5\%$), προκειμένου να γίνει εκτίμηση της περίσσειας κατανάλωσης οξυγόνου (EPOC). Τέλος, αμέσως μετά την άσκηση καταγράφονται η

υποκειμενική αίσθηση της κόπωσης μέσω της κλίμακας Borg, ενώ 4 λεπτά μετά την ολοκλήρωση της άσκησης γινόταν δειγματοληψία τριχοειδικού αίματος για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος.

2.3 Περιγραφή των ασκήσεων

Οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν τις ασκήσεις (1) lateral bag drag, (2) dead bag, (3) shoulder to shoulder thrusters, (4) sumo deadlift with pull, (5) front lunge, (6) single leg RDL, (7) reverse lunge with rotation και (8) clean, για 30 και 45 δευτερόλεπτα. Για την εκτέλεση των ασκήσεων χρησιμοποιήθηκαν σακιά τα οποία περιείχαν άμμο και ζύγιζαν από 6 έως 16 κιλά. Στην κάθε άσκηση η αντίσταση καθορίστηκε εξατομικευμένα και χρησιμοποιήθηκε διαφορετική λαβή για την σωστή εκτέλεση της άσκησης. Η κάθε άσκηση εκτελούνταν με στόχο τον μέγιστο αριθμό επαναλήψεων στον προκαθορισμένο χρόνο κάθε φορά. Επιπλέον σε κάθε άσκηση, η εισπνοή γίνονταν στην έκκεντρη φάση και η εκπνοή στην μειωμετρική. Οι ασκήσεις του πρωτοκόλλου αναλυτικά:

1. **Lateral bag drag:** Για την εκτέλεση της συγκεκριμένης άσκησης οι εθελοντές είχαν αρχική θέση τη σανίδα με στήριξη στις παλάμες και η μόνη κίνηση που εκτελούσαν είναι το τράβηγμα του σακίου με το δεξί και το αριστερό χέρι προς τα δεξιά και αριστερά αντίστοιχα. Η λαβή που χρησιμοποιούσαν είναι η πλάγια λαβή, η οποία εξυπηρετούσε τον σκοπό της άσκησης κατάλληλα. Καθ' όλη την διάρκεια της άσκησης οι συμμετέχοντες έπρεπε να διατηρούν το σώμα τους στην αρχική θέση σανίδας χωρίς να τους επηρεάζει η κίνηση που γινόταν κάθε φορά από τα χέρια.
2. **Dead bag:** Στην άσκηση αυτή η αρχική θέση ήταν η ύπτια θέση με το σακί να κρατιέται και από τα δύο χέρια, από τις πλάγιες λαβές, και τα πόδια να βρίσκονται σε 90 μοίρες γωνία στο γόνατο και στο ισχίο. Η κίνηση που περιλάμβανε αυτή η άσκηση είναι αντίθετο χέρι πόδι, πιο συγκεκριμένα, κάθε φορά γινόταν κάμψη ώμου από το δεξί χέρι και το αριστερό ακολουθούσε σαν υποστήριξη για το σακί ενώ το αριστερό πόδι έκανε έκταση στο γόνατο και το ισχίο. Η ίδια κίνηση γινόταν και από την άλλη πλευρά, εναλλάξ. Κατά την διάρκεια της άσκησης οι συμμετέχοντες έπρεπε να προσέχουν να μην υπάρχει κίνηση στην λεκάνη καθώς και να μην ξεκολλάει η ωμοπλάτη από το έδαφος.
3. **Shoulder to shoulder thrusters:** Η συγκεκριμένη άσκηση είχε αρχική θέση, την όρθια θέση με το σακί να υποστηρίζεται στον ώμο και να κρατιέται από την μεσαία λαβή. Οι συμμετέχοντες

από αυτή την θέση εκτελούσαν κάθισμα 90 μοιρών και στην επαναφορά στην αρχική θέση άλλαζαν το σακί από ώμο σε ώμο. Σε αυτή την άσκηση, πρόσεχαν να διατηρούν καθ' όλη την διάρκεια τα κυρτώματα της σπονδυλικής στήλης σταθερά καθώς και τα γόνατα να μην κλείνουν προς τα μέσα.

4. **Sumo deadlift with pull:** Σε αυτή την άσκηση η αρχική θέση είναι η θέση του deadlift, το σακί έχει επαφή με το έδαφος, με τα πέλματα να έχουν μεγάλο άνοιγμα και τα δάχτυλα των ποδιών να κοιτούν προς τα έξω. Η κίνηση της συγκεκριμένης άσκησης είναι deadlift και όρθια κωπηλατική στην συνέχεια του deadlift. Η λαβή του σακιού που χρησιμοποιούνται είναι η μεσαία. Σημεία προσοχής σε αυτή την άσκηση ήταν να διατηρούν καθ' όλη την διάρκεια τα κυρτώματα της σπονδυλικής στήλης σταθερά καθώς, τα γόνατα να μην κλείνουν προς τα μέσα καθώς και το σακί να μην έχει μεγάλη απόσταση από το σώμα και στις δυο κινήσεις.
5. **Front Lunge:** Η αρχική θέση αυτής της άσκησης είναι η όρθια θέση με τον σακί στον αντίθετο ώμο από το πόδι που θα εκτελεστεί η άσκηση. Η προβολή εκτελείται με γωνία 90 μοιρών στα γόνατα. Τα σημεία που πρόσεχαν σε αυτή την άσκηση είναι το άνοιγμα των ποδιών να διατηρείται σταθερό σε κάθε επανάληψη, ο κορμός να είναι σταθερό και το γόνατο να μην κάνει κίνηση προς τα μέσα.
6. **Single leg Romanian deadlift (RDL):** Την άσκηση αυτή την ξεκινούσαν από όρθια αρχική θέση με στήριξη στο ένα πόδι με το σακί να κρατιέται από τις δυο ανοιχτές ουδέτερες λαβές. Το σακί κατεβαίνει εκτελώντας το Romanian deadlift μέχρι την μέση της κνήμης ή και πιο κάτω για όσους τους το επέτρεπε η κινητικότητα των ισχίων τους, με το γόνατο ελαφρώς λυγισμένο. Σε αυτή την άσκηση πρόσεχαν πολύ να μην δημιουργηθεί στροφή στον κορμό και το ισχίο, να μην φύγει η ωμοπλάτη διατηρώντας όλα τα κυρτώματα τη σπονδυλικής στήλης σταθερά.
7. **Reverse lunge with rotation:** Στην συγκεκριμένη άσκηση η αρχική θέση είναι η όρθια με το σακί να κρατιέται από τους συμμετέχοντες από τις πλαϊνές λαβές του. Εκτελείται πίσω προβολή και στροφή κορμού με το σακί να έχει τελική θέση διπλά στο αντίθετο πόδι από αυτό που εκτελεί τη πίσω προβολή. Τα σημεία που πρόσεχαν σε αυτή την άσκηση είναι το άνοιγμα των ποδιών να διατηρείται σταθερό σε κάθε επανάληψη και το γόνατο να μην κάνει κίνηση προς τα μέσα.
8. **Clean:** Σε αυτή την άσκηση ο ασκούμενος, είχε αρχική θέση την όρθια θέση με κράτημα του σακιού από τις ουδέτερες λαβές. Η κίνηση της άσκησης χωρίζεται ως εξής: α. romanian deadlift β. ακροστασία γ. άρση ώμων δ. όρθια κωπηλατική ε. επωμισμός-πλειομετρική κίνηση ποδιών

και τελική θέση στ. front squat. Η κίνηση της άσκησης είναι σύνθετη και απαιτεί συντονισμό. Πήρε αρκετό χρόνο ,πέρα από την εξοικείωση που έγινε στο εργαστήριο, και στην προσωπική προπόνηση των εθελοντών. Οι εθελοντές πρόσεχαν όλες οι κινήσεις που περιλαμβάνει η άσκηση να γίνονται ξεκάθαρες καθώς και η μπάρα να βρίσκεται πολύ κοντά στο σώμα σε όλες τις κινήσεις.

2.4. Περιγραφή των δοκιμασιών

2.4.1. Αξιολόγηση ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών και σύστασης σώματος

Η αξιολόγηση του σωματικού βάρους και ύψους των συμμετεχόντων πραγματοποιήθηκε σε βαθμονομημένο ζυγό με ενσωματωμένο αναστημόμετρο (Beam Balance-Stadiometer, Seca, Vogel & Halke, Hamburg, Germany) με ακρίβεια μισού (0,5) κιλού και μισού (0,5) εκατοστού, αντίστοιχα (Poulios 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 μεταξύ τους και το βάρος ισόποσα μοιρασμένο στα δύο πόδια με μέτωπο προς τον ζυγό. Γυρνώντας με πλάτη στον ζυγό, διατηρώντας τις φτέρνες, τους γλουτούς και το πάνω μέρος της πλάτης σε επαφή με το αναστημόμετρο, πραγματοποιούνταν η μέτρηση του σωματικού ύψους, αφού προηγουμένως οι συμμετέχοντες έπαιρναν μια βαθιά εισπνοή την οποία και διατηρούσαν μέχρι ο εξεταστής να τοποθετήσει τον οριζόντιο οδηγό στο κεφάλι του εξεταζόμενου. Ο υπολογισμός του Δείκτη Σωματικής Μάζας (ΔΣΜ) έγινε μέσω της εξίσωσης: $\Delta\text{ΣΜ (kg/m}^2\text{)} = \text{σωματικό βάρος (σε κιλά)} / \text{ύψος}^2 \text{ (σε μέτρα)}$. Επίσης, αξιολογήθηκαν με ελαστική μετροταινία (μεζούρα) η περιφέρεια μέσης, η περιφέρεια των ισχίων και ο λόγος αυτών (περιφέρεια μέσης/ισχίου). Η περιφέρεια μέσης αξιολογήθηκε τυλίγοντας την ελαστική μετροταινία περιμετρικά μέχρι να ενωθεί, χωρίς να δημιουργηθεί πίεση στο δέρμα, παίρνοντας ως σημείο αναφοράς 2-3 εκατοστά επάνω από τον ομφαλό (στο ύψος όπου σχηματίζεται η μικρότερη περιφέρεια). Αντίστοιχα, για την περιφέρεια των ισχίων, ως σημείο αναφοράς υπήρχαν τα 3-4 εκατοστά κάτω του οστού της λεκάνης, τυλίγοντας την μεζούρα γύρω από τον γλουτό, στο ύψος όπου σχηματίζεται η μεγαλύτερη περιφέρεια, χωρίς ιδιαίτερη πίεση στο δέρμα. Όσο αφορά την σύσταση του σώματος, αυτή πραγματοποιήθηκε με χρήση μηχανήματος απορροφησιμετρίας διπλής δέσμης ακτίνων X (DXA, Lunar DPXNT) και του αντίστοιχου λογισμικού (Encore 2007, General Electric Company, Madison, WI, USA) (Poulios et al., 2018). Πριν από κάθε μέτρηση γινόταν βαθμονόμηση του

μηχανήματος. Στην μέτρηση οι συμμετέχοντες τοποθετούνταν σε ύπτια θέση, χωρίς να φέρουν επάνω τους κανένα μεταλλικό αντικείμενο. Επιπλέον, δόθηκε η οδηγία να παραμείνουν ακίνητοι καθ' όλη τη διάρκεια της μέτρησης έχοντας τα χέρια τους παράλληλα και δίπλα στο σώμα. Οι μεταβλητές και τα δεδομένα που πήραμε αφορούσαν το ποσοστό λίπους καθώς και την ποσότητα λιπώδους μάζας, άλιπης σωματικής μάζας και μυϊκής μάζας.

2.4.2. Αξιολόγηση αρτηριακής πίεσης

Για την αξιολόγηση της αρτηριακής πίεσης χρησιμοποιήθηκε σφυγμομανόμετρο. Πιο συγκεκριμένα, οι συμμετέχοντες αφού καθόντουσαν σε ηρεμία για 5 λεπτά σε κάθισμα με πλάτη με τα πόδια τους στο έδαφος και το χέρι που θα γινόταν η μέτρηση, στο ύψος της καρδιάς, πραγματοποιούνταν η μέτρηση της αρτηριακής πίεσης, τοποθετώντας το σφυγμομανόμετρο 2,5 εκατοστά πάνω από την πρόσθια επιφάνεια του αγκώνα, στην βραχιόνια αρτηρία. Η μέτρηση επαναλαμβάνονταν 2 φορές σε κάθε χέρι με τουλάχιστον 1 λεπτό διάλειμμα, και υπολογίζεται ο μέσος όρος των μετρήσεων. Αν υπήρχε διαφορά >5 mmHg, η μέτρηση επαναλαμβάνονταν και αν η αρτηριακή πίεση σε κάθε χέρι είναι διαφορετική, κρατάγαμε την μεγαλύτερη.

2.4.3. Αξιολόγηση καρδιοαναπνευστικής ικανότητας

Η καρδιοαναπνευστική ικανότητα των εθελοντών προσδιορίστηκε μετρώντας την μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_2max). Η αξιολόγηση αυτή έγινε με εργοσπιρομέτρηση σε δαπεδοεργόμετρο, με προοδευτική αύξηση της έντασης και ταυτόχρονη χρήση αυτόματου αναλυτή ανταλλαγής αερίων ($\text{Vmax Encore 29, BEBJO296, Yorba Linda, CA, USA}$) (Poulios et al., 2018). Πριν από κάθε μέτρηση πραγματοποιούνταν βαθμονόμηση του αναλυτή με αέρια ακριβείας του εμπορίου (16% O_2 , 4% CO_2 , 80% N_2). Όλες οι δοκιμασίες πραγματοποιήθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου. Πριν ξεκινήσει η διαδικασία της μέτρησης, οι συμμετέχοντες έκαναν προθέρμανση στον διάδρομο για 5 λεπτά, ώστε να προετοιμάσουν το σώμα τους για την μέγιστη δοκιμασία μέχρι εξάντλησης. Έπειτα, οι συμμετέχοντες φορούσαν τον αναλυτή αερίων και ξεκινούσε η δοκιμασία. Η αρχική ένταση της άσκησης κυμαίνονταν από τα 8-10 χιλιόμετρα, και αυτό εξαρτιόταν από το πόσο προπονημένος ήταν ο καθένας. Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιήθηκε στην συγκεκριμένη μελέτη απαιτούσε αύξηση της έντασης-χιλιομέτρων κάθε 2 λεπτά κατά 1 χιλιόμετρο/ώρα. Η διαδικασία συνεχιζόταν μέχρι να φτάσουν στην εξάντληση. Καθ' όλη τη διάρκεια της δοκιμασίας καταγράφονταν η καρδιακή συχνότητα μέσω καρδιοσυχνόμετρου

τύπου Polar (παλμογράφος Polar H10), ενώ στο τέλος κάθε λεπτού γινόταν αξιολόγηση της υποκειμενικής αίσθησης της κόπωσης μέσω της κλίμακας Borg (20βαθμια κλίμακα 6-20). Για να θεωρηθεί το τεστ μέγιστο έπρεπε: (α) το αναπνευστικό πηλίκο να είναι μεγαλύτερο από 1.1, (β) η καρδιακή συχνότητα να ξεπερνάει ή να πλησιάζει την προβλεπόμενη μέγιστη με βάση την ηλικία, (γ) η εξάντληση του συμμετέχοντα να προσεγγίζει τις τιμές 19-20 στην κλίμακα Borg, (δ) να εμφανιζόταν πλατό στην καμπύλη της πρόσληψης οξυγόνου κατά την αύξηση της έντασης.

2.4.4. Αξιολόγηση μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας (RMR)

Για την αξιολόγηση του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας, ζητήθηκε από του συμμετέχοντες να απέχουν από οποιασδήποτε μορφής έντονη άσκηση ή φυσική δραστηριότητα για τουλάχιστον 48 ώρες και να ακολουθήσουν μια ισορροπημένη διατροφική πρόσληψη αποφεύγοντας την κατανάλωση καφεΐνη. Την ημέρα της μέτρησης, οι συμμετέχοντες προσέρχονταν στο χώρο της μέτρησης νωρίς το πρωί (07:00 – 09:00 π.μ.) σε συνθήκη νηστείας (για τουλάχιστον 8 ώρες πριν). Η μέτρηση πραγματοποιούνταν σε ύπτια θέση ενώ στον χώρο υπήρχε συσκότιση και ουδέτερη θερμοκρασία. Καθ' όλη την διάρκεια της μέτρησης οι συμμετέχοντες φορούσαν καρδιοσυχνόμετρο τύπου Polar (παλμογράφος Polar H10) για την καταγραφή της καρδιακής συχνότητας και φορητός αναλυτής αερίων για τον έμμεσο προσδιορισμό της θερμιδικής κατανάλωσης κατανάλωσης (Vmax Encore 29, BEBJO296, Yorba Linda, CA, USA). Η μέτρηση διαρκούσε 40-45 λεπτά και καταγράφονταν δεδομένα που αφορούν την ανταλλαγή αερίων. Στην ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν, τα δεδομένα των μεσαίων 20 λεπτών, αφαιρώντας από τα συνολικά 40-45 λεπτά της μέτρησης, τα πρώτα 10 και τα τελευταία 10.

2.4.5. Αξιολόγηση μέγιστης δύναμης (1-ME)

Η αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης έγινε μέσω του άμεσου προσδιορισμού της 1 μέγιστης επανάληψης (1ME) στις ασκήσεις πιέσεις στήθους με μπάρα και κάθισμα 90 μοιρών. Πριν από κάθε μέτρηση οι συμμετέχοντες εκτελούσαν προθέρμανση στον διάδρομο για 5-10 λεπτά και στην συνέχεια εκτελούσαν κάποιες δυναμικές διατάσεις. Για την αξιολόγηση της 1ME στις πιέσεις στήθους οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν αρχικά 5-10 επαναλήψεις με ένταση που αντιστοιχούσε στο 40% της εκτιμώμενης 1ME και στη συνέχεια το βάρος αυξανόταν κατά 5-10% σε κάθε προσπάθεια, με διάλλειμα μεταξύ των προσπαθειών 3-4 λεπτά, μέχρις ότου ο δοκιμαζόμενος να μπορούσε να εκτελέσει μια μέγιστη επανάληψη. Η δοκιμασία αξιολόγησης της 1ME στο κάθισμα

πραγματοποιήθηκε σε ορθοστάτη τύπου Power Rack με παράλληλες μπάρες ασφαλείας και χρήση Ολυμπιακής μπάρας (20 κιλών). Αρχικά οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν 5-10 επαναλήψεις με ένταση που αντιστοιχούσε στο 40% της εκτιμώμενης 1ΜΕ και στη συνέχεια το βάρος αυξανόταν κατά 10-20% με διάλλειμα μεταξύ των προσπαθειών 3-4 λεπτά. Η διαδικασία συνεχιζόταν μέχρι οι δοκιμαζόμενοι να εκτελέσουν μια μέγιστη επανάληψη με σωστή τεχνική (Brigatto et al., 2022).

2.4.6. Αξιολόγηση της μυϊκής αντοχής

Η αξιολόγηση της μυϊκής αντοχής πραγματοποιήθηκε μέσω των δοκιμασιών (α) κάμψεις και (β) αναδιπλώσεις κορμού (ροκανίσματα). Οι κάμψεις γινόντουσαν χωρίς συγκεκριμένη διάρκεια, έως ότου χαλάσει η τεχνική. Από την άλλη, οι αναδιπλώσεις κορμού γινόντουσαν για 1 λεπτό με χρήση μετρονόμου στους 40 χτύπους/λεπτό. Πιο αναλυτικά, στις κάμψεις οι αρχική θέση ήταν η θέση σανίδα με στήριξη στις παλάμες και στα πέλματα και το άνοιγμα των χεριών ήταν ελαφρώς μεγαλύτερο από το άνοιγμα των ώμων (Haff & Dumke, 2022). Η κάμψεις κάθε φορά είχαν απόσταση από το έδαφος, μιας «γροθιάς». Για τη δοκιμασία των αναδιπλώσεων κορμού, το εύρος κίνησης καθορίστηκε χρησιμοποιώντας δύο χαρτοταινίες παράλληλες μεταξύ τους, σε απόσταση 12 εκατοστά (Haff & Dumke, 2022). Οι συμμετέχοντες ήταν σε ύπτια θέση με τα γόνατα λυγισμένα, με τα πόδια και τα χέρια σε επαφή με το έδαφος. Στη συνέχεια τοποθετούσαν τα χέρια στην πρώτη ταινία και εκτελούσαν τις αναδιπλώσεις μέχρι τα δάχτυλα του χεριού να αγγίζουν την επόμενη ταινία που είχε τοποθετηθεί 12 εκ. μπροστά από την πρώτη (Haff & Dumke, 2022).

2.4.7. Μέτρηση γαλακτικού οξέος

Η μέτρηση του γαλακτικού οξέος πραγματοποιήθηκε με την χρήση φορητού αναλυτή (Lactate Plus™, Nova Biomedical, USA) και των αντίστοιχων ταινιών (stripes) μιας χρήσης. Η συλλογή αίματος πραγματοποιούνταν από την άκρη του δακτύλου του χεριού (τριχοειδικό αίμα), αφού προηγουμένως το συγκεκριμένο σημείο είχε καθαριστεί με 70% αλκοόλη και είχε στεγνώσει (Poulios et al., 2018). Η σταγόνα αίματος που παίρναμε κάθε φορά δημιουργούνταν μετά από ένα ελαφρύ τρύπημα με ειδικό στυλό τρυπήματος στην άκρη των δαχτύλων και μεταφερόταν στην ειδική ταινία η οποία ήταν τοποθετημένη στο φορητό αναλυτή γαλακτικού οξέος όπου και ολοκληρωνόταν αυτόματα η ανάλυση σε εντός 12 δευτερολέπτων.

2.4.8. Αξιολόγηση της ενεργειακής δαπάνης κατά την άσκηση

Η συνολική ενεργειακή δαπάνη κατά την άσκηση, υπολογίστηκε ως το άθροισμα της ενεργειακής δαπάνης του οξειδωτικού συστήματος του γλυκολυτικού και της περίσσειας κατανάλωσης οξυγόνου: Συνολική Ενεργειακή Δαπάνη Άσκησης = ΕΔ οξειδωτικού συστήματος + ΕΔ γλυκολυτικού συστήματος + ΕΔ περίσσειας κατανάλωσης οξυγόνου. Για τον υπολογισμό της ΕΔ χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω εξισώσεις:

- ΕΔ οξειδωτικού συστήματος (χιλιοθερμίδες ή kcals) = $(VO_{2\text{άσκησης}} - VO_{2\text{ηρεμίας}}) * 21,1 \text{ (kJ)} / 4,184$.
- ΕΔ γλυκολυτικού συστήματος (χιλιοθερμίδες ή kcals) = $[(\text{Γαλακτικό}_{\text{ηρεμίας}} - \text{Γαλακτικό}_{\text{μετά την άσκηση}}) * \text{Σωματικό βάρος(κίλά)} * 3.0 \text{ (ml O}_2\text{)}] * 21,1 \text{ (kJ)} / 4,184$.
- ΕΔ περίσσειας κατανάλωσης οξυγόνου (χιλιοθερμίδες ή kcals): $[(VO_{2\text{περίσσειας}} - VO_{2\text{ηρεμίας}}) * 19,6 \text{ (kJ)} / 4,184] * \text{λεπτά}_{\text{περίσσειας}}$.

2.4.9. Στατιστική ανάλυση

Πραγματοποιήθηκε έλεγχος κανονικότητας των δεδομένων χρησιμοποιώντας το τεστ Shapiro-Wilk, από το οποίο προέκυψε ότι τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από την παρούσα μελέτη δεν ακολουθούσαν την κανονική κατανομή, και ως εκ τούτου για τη στατιστική επεξεργασία τους εφαρμόστηκαν μη παραμετρικά τεστ. Συγκεκριμένα, για τις συγκρίσεις των ασκήσεων στις εξαρτημένες μεταβλητές χρησιμοποιήθηκε το τεστ Kruskal-Wallis για τον έλεγχο κύριας επίδρασης, συνοδευόμενο από το Mann-Whitney U τεστ για τις κατά ζεύγη συγκρίσεις. Για τις συγκρίσεις μεταξύ των συνθηκών στις εξαρτημένες μεταβλητές χρησιμοποιήθηκε το Wilcoxon Signed Rank τεστ. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο .05. Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα SPSS (IBM SPSS Statistics, version 26.0).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

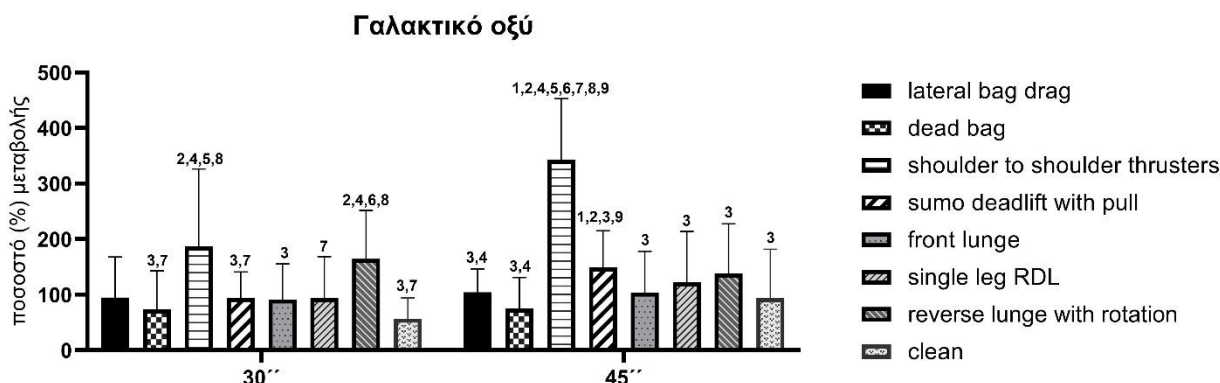
Τα περιγραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Περιγραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων.

	<i>N</i> = 10
Ηλικία (έτη)	21.7 ± 1.1
Σωματομετρικά χαρακτηριστικά	
Σωματικό βάρος (kg)	76.4 ± 6.6
Σωματικό ύψος (cm)	176 ± 0.03
Δείκτης μάζας σώματος (kg/m ²)	24.8 ± 1.9
Περιφέρεια μέσης (cm)	78.5 ± 3.9
Περιφέρεια ισχίου (cm)	100.7 ± 5.2
Περιφέρεια μέσης/ισχίου	0.78 ± 0.02
Σύσταση σώματος	
Ποσοστό λίπους (%)	16.7 ± 6.1
Λιπώδης μάζα (kg)	12.5 ± 5.7
Αλιπη σωματική μάζα (kg)	57.8 ± 15.7
Μυϊκή μάζα (kg)	58.9 ± 4.7
Καρδιοαναπνευστική ικανότητα	
Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO ₂ max, ml/kg/min)	49.0 ± 6.0
Μέγιστη καρδιακή συχνότητα (beats/min)	199 ± 8.2
Καρδιακή συχνότητα ηρεμίας (beats/min)	58.2 ± 4.4
Μυϊκή δύναμη - αντοχή	
Μέγιστη δύναμη άνω μέρους (kg)	84.5 ± 17.2
Μέγιστη δύναμη κάτω μέρους (kg)	106.5 ± 21.1
Μυϊκή αντοχή – Δοκιμασία κοιλιακών 30 δευτ. (επαναλήψεις)	21 ± 1
Μυϊκή αντοχή – Δοκιμασία κάμψεων 30 δευτ. (επαναλήψεις)	32 ± 6
Μεταβολισμός	
Μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας (kcal/s)	1561 ± 158

Συγκέντρωση γαλακτικού οξέος

Στη συνθήκη 30'' η μεγαλύτερη αύξηση στη συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος παρατηρήθηκε στις shoulder to shoulder και reverse lunge with rotation, κατά 187% και 164%, αντίστοιχα. Αντίθετα, η μικρότερη αύξηση καταγράφηκε στην άσκηση clean με ποσοστό αύξησης 57%. Στη συνθήκη 45'' η άσκηση shoulder to shoulder προκάλεσε τη μεγαλύτερη αύξηση του γαλακτικού οξέος σε σχέση με τις υπόλοιπες ασκήσεις, με ποσοστό αύξησης 343%, ενώ μικρότερη αύξηση παρατηρήθηκε στην άσκηση dead bag με ποσοστό 75%. Από τη σύγκριση των δυο συνθηκών (30'' έναντι 45''), διαπιστώθηκε ότι η συνθήκη 45'' προκάλεσε μεγαλύτερη αύξηση του γαλακτικού οξέος συγκριτικά με τη συνθήκη 30'' στις ασκήσεις shoulder to shoulder και sumo deadlift, κατά 156% και 55% αντίστοιχα.

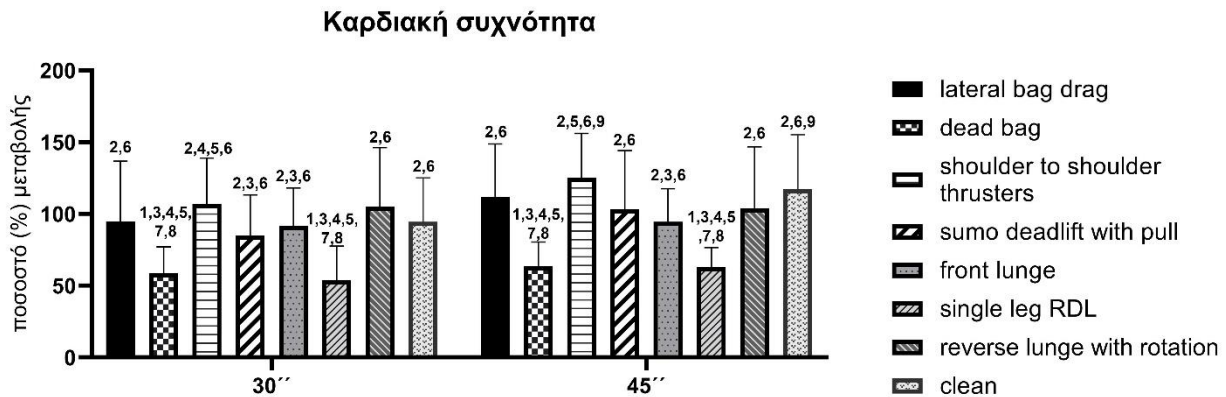


Σχήμα 1. Ποσοστιαία μεταβολή της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος στο αίμα στις οκτώ ασκήσεις των δυο συνθηκών. ¹ Σημαντική διαφορά με το Lateral Bag Drag στη ίδια συνθήκη, ² Σημαντική διαφορά με το Dead Bug στη ίδια συνθήκη, ³ Σημαντική διαφορά με το StS Thruster στη ίδια συνθήκη, ⁴ Σημαντική διαφορά με το Sumo DL στη ίδια συνθήκη, ⁵ Σημαντική διαφορά με το Front Lunge στην ίδια συνθήκη, ⁶ Σημαντική διαφορά με το Single leg RDL στην ίδια συνθήκη, ⁷ Σημαντική διαφορά με το Reverse Lunge στην ίδια συνθήκη, ⁸ Σημαντική διαφορά με το Clean στην ίδια συνθήκη, ⁹ Σημαντική διαφορά μεταξύ 30 sec και 45 sec στην ίδια άσκηση. Επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

Καρδιακή συχνότητα

Οι ασκήσεις shoulder to shoulder και reverse lunge with rotation επέφεραν τη μεγαλύτερη αύξηση της καρδιακής συχνότητας συγκριτικά με τις υπόλοιπες ασκήσεις στη συνθήκη 30'', με ποσοστό 107% και 105%, αντίστοιχα. Αντίθετα, η μικρότερη αύξηση παρατηρήθηκε στην άσκηση single leg RDL με ποσοστό 54%. Στη συνθήκη 45'' η μεγαλύτερη αύξηση στην καρδιακή συχνότητα εντοπίστηκε στις ασκήσεις shoulder to shoulder και clean, κατά 125% και 117%, αντίστοιχα.

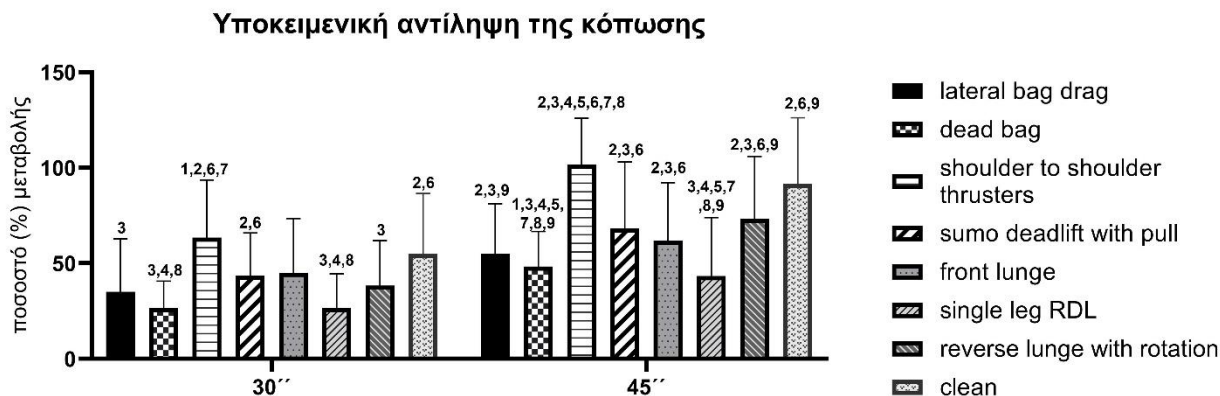
Αντίθετα, η μικρότερη αύξηση στην καρδιακή συχνότητα παρατηρήθηκε στην άσκηση single leg RDL κατά 62%. Σ Από τη σύγκριση των δυο συνθηκών (30'' έναντι 45''), διαπιστώθηκε ότι η συνθήκη 45'' προκάλεσε μεγαλύτερη αύξηση της καρδιακής συχνότητάς συγκριτικά με τη συνθήκη 30'' στις ασκήσεις shoulder to shoulder και clean κατά 18% και 23%, αντίστοιχα.



Σχήμα 2. Ποσοστιαία μεταβολή της καρδιακής συχνότητας στις οκτώ ασκήσεις των δυο συνθηκών.¹ Σημαντική διαφορά με το Lateral Bag Drag στη ίδια συνθήκη,² Σημαντική διαφορά με το Dead Bug στη ίδια συνθήκη,³ Σημαντική διαφορά με το StS Thruster στη ίδια συνθήκη,⁴ Σημαντική διαφορά με το Sumo DL στη ίδια συνθήκη,⁵ Σημαντική διαφορά με το Front Lunge στην ίδια συνθήκη,⁶ Σημαντική διαφορά με το Single leg RDL στην ίδια συνθήκη,⁷ Σημαντική διαφορά με το Reverse Lunge στην ίδια συνθήκη,⁸ Σημαντική διαφορά με το Clean στην ίδια συνθήκη,⁹ Σημαντική διαφορά μεταξύ 30 sec και 45 sec στην ίδια άσκηση. Επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

Υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης

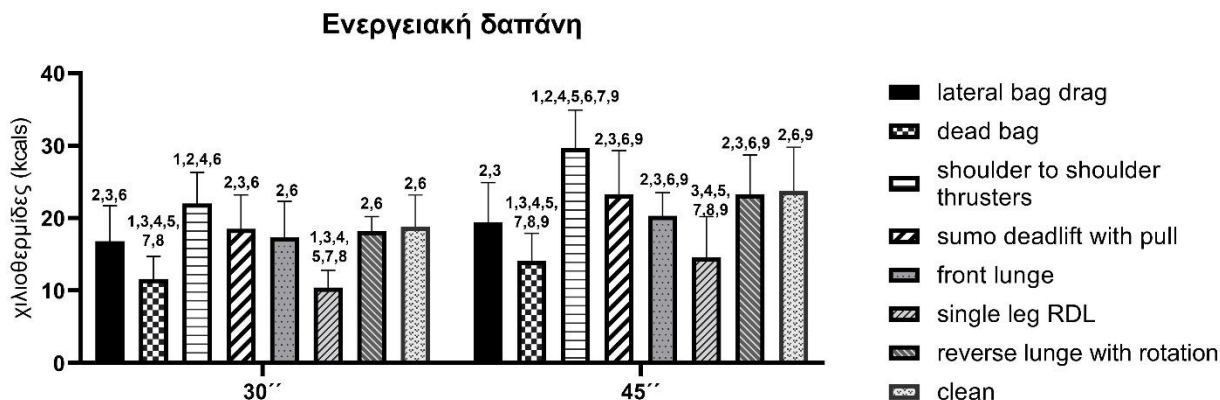
Στη συνθήκη 30'' η άσκηση shoulder to shoulder προκάλεσε τη μεγαλύτερη αύξηση της υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης κατά 63%, σε σχέση με τις υπόλοιπες ασκήσεις. Αντίθετα, η μικρότερη αύξηση εντοπίστηκε στις ασκήσεις dead bag και single leg RDL κατά 27%. Στη συνθήκη 45'' η μεγαλύτερη αύξηση καταγράφηκε στην άσκηση shoulder to shoulder με ποσοστό 102%, ενώ η μικρότερη παρουσιάστηκε στις ασκήσεις dead bag και single leg RDL με ποσοστό 48% και 43%, αντίστοιχα. Από τη σύγκριση των συνθηκών προέκυψε ότι η συνθήκη 45'' προκάλεσε μεγαλύτερη αύξηση της υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης συγκριτικά με τη συνθήκη 30'' κατά 20%, 21%, 39%, 16%, 34% και 37% στις ασκήσεις lateral bag drag, dead bag, shoulder to shoulder, single leg RDL, reverse lunge with rotation και clean, αντίστοιχα.



Σχήμα 3. Ποσοστιαία μεταβολή της υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης στις οκτώ ασκήσεις των δυο συνθηκών. ¹ Σημαντική διαφορά με το Lateral Bag Drag στη ίδια συνθήκη, ² Σημαντική διαφορά με το Dead Bug στη ίδια συνθήκη, ³ Σημαντική διαφορά με το StS Thruster στη ίδια συνθήκη, ⁴ Σημαντική διαφορά με το Sumo DL στη ίδια συνθήκη, ⁵ Σημαντική διαφορά με το Front Lunge στην ίδια συνθήκη, ⁶ Σημαντική διαφορά με το Single leg RDL στην ίδια συνθήκη, ⁷ Σημαντική διαφορά με το Reverse Lunge στην ίδια συνθήκη, ⁸ Σημαντική διαφορά με το Clean στην ίδια συνθήκη, ⁹ Σημαντική διαφορά μεταξύ 30 sec και 45 sec στην ίδια άσκηση. Επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

Συνολική ενεργειακή δαπάνη

Στη συνθήκη των 30'' η άσκηση shoulder to shoulder επέφερε τη μεγαλύτερη ενεργειακή δαπάνη συγκριτικά με τις υπόλοιπες ασκήσεις, με 22 χιλιοθερμίδες. Αντίθετα, η μικρότερη ενεργειακή δαπάνη καταγράφηκε στις ασκήσεις dead bag με 12 χιλιοθερμίδες και single leg RDL με 10 χιλιοθερμίδες. Στη συνθήκη 45'' sec η άσκηση shoulder to shoulder προκάλεσε τη μεγαλύτερη ενεργειακή δαπάνη με 30 χιλιοθερμίδες, ενώ οι ασκήσεις dead bag και single leg RDL τη μικρότερη με 14 και 15 χιλιοθερμίδες, αντίστοιχα. Από τη σύγκριση των δυο συνθηκών προέκυψε ότι η συνθήκη 45'' επέφερε μεγαλύτερη ενεργειακή δαπάνη από τη συνθήκη 30'' στις ασκήσεις dead bag, shoulder to shoulder, sumo deadlift with pull, front lunge, single leg RDL, reverse lunge with rotation και clean κατά 2-8 χιλιοθερμίδες.



Σχήμα 4. Η ενεργειακή δαπάνη (kcal) στις οκτώ ασκήσεις των δυο συνθηκών. ¹ Σημαντική διαφορά με το Lateral Bag Drag στη ίδια συνθήκη, ² Σημαντική διαφορά με το Dead Bug στη ίδια συνθήκη, ³ Σημαντική διαφορά με το StS Thruster στη ίδια συνθήκη, ⁴ Σημαντική διαφορά με το Sumo DL στη ίδια συνθήκη, ⁵ Σημαντική διαφορά με το Front Lunge στην ίδια συνθήκη, ⁶ Σημαντική διαφορά με το Single leg RDL στην ίδια συνθήκη, ⁷ Σημαντική διαφορά με το Reverse Lunge στην ίδια συνθήκη, ⁸ Σημαντική διαφορά με το Clean στην ίδια συνθήκη, ⁹ Σημαντική διαφορά μεταξύ 30 sec και 45 sec στην ίδια άσκηση. Επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να προσδιορίσει την ενεργειακή δαπάνη που προκαλείται κατά την εκτέλεση λειτουργικών ασκήσεων με σακιά, ως πρόσθετη επιβάρυνση, καθώς και να εξετάσει την επίδραση της χρονικής διάρκειας εκτέλεσης στην ενεργειακή δαπάνη. Η άσκηση shoulder to shoulder thrusters προκάλεσε την μεγαλύτερη θερμιδική δαπάνη τόσο στην συνθήκη των 30'' όσο και στη συνθήκη των 45''. Αντίθετα, η μικρότερη θερμιδική δαπάνη προκλήθηκε στις ασκήσεις dead bag και single leg RDL και στις δυο συνθήκες. Τέλος, εκτός από την άσκηση lateral bag drag, η αύξηση της χρονικής διάρκειας εκτέλεσης από 30 σε 45 δευτερόλεπτα οδήγησε σε σημαντική αύξηση της ενεργειακής δαπάνης σε όλες τις ασκήσεις που εκτελέστηκαν.

Η ένταση της άσκησης προσδιορίζεται από δείκτες όπως η καρδιακή συχνότητα, η κατανάλωση οξυγόνου, η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης, το EPOC καθώς και η συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα (Nakagata, Yamada, & Naito, 2018; Reis et al., 2019). Στην συγκεκριμένη μελέτη δόθηκε έμφαση στην συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα, στην καρδιακή

συχνότητα και στην υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης. Η άσκηση shoulder to shoulder thruster επέφερε τη μεγαλύτερη αύξηση στη συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος και στην υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης τόσο στη συνθήκη 30'' όσο και στη συνθήκη 45'', και τη μεγαλύτερη αύξηση της καρδιακής συχνότητας στη συνθήκη 45''. Από τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι η άσκηση shoulder to shoulder thrusters είχε την μεγαλύτερη ένταση συγκριτικά με τις υπόλοιπες ασκήσεις, αυξάνοντας σημαντικά τις μεταβολικές απαιτήσεις. Η συγκεκριμένη άσκηση είναι σύνθετη και περιλαμβάνει το κινητικό πρότυπο του καθίσματος και την πίεσης πάνω από το κεφάλι. Στην βιβλιογραφία δεν βρέθηκε κάποια μελέτη που να περιλαμβάνει την άσκηση shoulder to shoulder thrusters και να προσδιορίζει δείκτες καρδιακής συχνότητας, γαλακτικού οξέος και κλίμακας υποκειμενικής αίσθησης της κόπωσης. Ωστόσο μια πρόσφατη μελέτη εξέτασε τη μεταβολή στην καρδιακή συχνότητα, στο γαλακτικό οξύ και στην κλίμακα υποκειμενικής αίσθησης της κόπωσης μετά από δύο διαφορετικά πρωτόκολλα στο crossfit (Tibana, De Sousa, Prestes, & Voltarelli, 2018). Το πρώτο πρωτόκολλο περιλάμβανε 2 ασκήσεις όπου η μια άσκηση ήταν τα thrusters με μπάρα και η άλλη έλξεις σε μονόζυγο (Tibana et al., 2018). Αυτό το πρωτόκολλο προκάλεσε σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα, αυξημένη καρδιακή συχνότητα και υποκειμενική αίσθηση της κόπωσης (Tibana et al., 2018). Φαίνεται λοιπόν, πως ασκήσεις που συνδυάζουν το πρότυπο του καθίσματος και της πίεσης προκαλούν σημαντική αύξηση της έντασης ακόμα και όταν συνδυάζονται με άλλη λειτουργική άσκηση όπως οι έλξεις σε μονόζυγο. Επιπλέον, σε προηγούμενη μελέτη παρατηρήθηκε πως το γαλακτικό οξύ, η καρδιακή συχνότητα και η υποκειμενική αίσθηση της κόπωσης είναι δείκτες οι οποίοι αυξάνονται μετά από ασκήσεις όπως το κάθισμα με αντιστάσεις και γενικά ασκήσεις με έμφαση στις μεγάλες μυϊκές ομάδες (Pierce, Rozenek, & Stone, 1993). Ωστόσο μετά από 8 εβδομάδες προπόνησης με αντιστάσεις η αύξηση που παρατηρείται στους συγκεκριμένους δείκτες περιορίζεται σημαντικά (Pierce et al., 1993). Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι η άσκηση shoulder to shoulder thruster είναι πολυαρθρική και ενεργοποιεί πολλές μυϊκές ομάδες είτε μειομετρικά, είτε έκκεντρα είτε σταθεροποιητικά. Εκτός από αυτό η ένταση της άσκησης διαφέρει από τις υπόλοιπες διότι στην συγκεκριμένη άσκηση η πλειοψηφία των συμμετεχόντων χρησιμοποίησε μεγαλύτερο σε βάρος (16 κιλά) σακί σε σχέση με τις υπόλοιπες. Σε έρευνα των de Mello Meirelles et.al (2004) διαπιστώθηκε πως ο αριθμός των επαναλήψεων και το φορτίο κάθε άσκησης αυξάνουν την ένταση και την θερμιδική δαπάνη (Meirelles & Gomes, 2004).

Η αξιολόγηση της ενεργειακής δαπάνης έγινε με συνεχόμενη καταγραφή της κατανάλωσης οξυγόνου (VO_2) κατά την άσκηση με ειδικό φορητό αναλυτή αερίων και έπειτα υπολογίστηκε η συνολική ενεργειακή δαπάνη άσκησης με το άθροισμα του γλυκολυτικού συστήματος, του οξειδωτικού συστήματος καθώς και της περίσσειας κατανάλωσης οξυγόνου. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν πως η άσκηση που προκάλεσε την μεγαλύτερη ενεργειακή δαπάνη και στις δυο συνθήκες ήταν η shoulder to shoulder thrusters. Αντίθετα οι ασκήσεις dead bag και single leg RDL προκάλεσαν την μικρότερη θερμιδική δαπάνη και στην συνθήκη των 30 αλλά και στην συνθήκη των 45 δευτερολέπτων. Στη μελέτη των de Mello Meirelles και συν. (2004), αναφέρεται ότι σύμφωνα με τη βιβλιογραφία ο όγκος της άσκησης αποτελεί μεταβλητή που επηρεάζει περισσότερο την ενεργειακή δαπάνη κατά την διάρκεια της άσκησης ενώ η ένταση επηρεάζει περισσότερο το EPOC (Meirelles & Gomes, 2004). Στη μελέτη των Reis και συν. (2017) όπου μελετήθηκαν αποκλειστικά οι ασκήσεις κάθισμα και πιέσεις στήθους, οι ερευνητές ανέφεραν ότι κατά την εκτέλεση καθισμάτων με ένταση στο 40% και 70% της 1 ME προκλήθηκε ενεργειακή κατανάλωση 11 χιλιοθερμίδες/λεπτό και 18 χιλιοθερμίδες/λεπτό, αντίστοιχα (Reis et al., 2019). Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας δείχνουν αυξημένη ενεργειακή δαπάνη σε πολυαθρικές ασκήσεις που συνδυάζουν τα άνω και κάτω άκρα με την μεγαλύτερη δαπάνη ενέργειας να την έχει η shoulder to shoulder thrusters, τόσο στη συνθήκη 30'' όσο και στη συνθήκη 45'', με τη δεύτερη να υπερσχύει. Η μικρότερη θερμιδική δαπάνη καταγράφηκε στην άσκηση dead bag, όπου ο κορμός παραμένει σταθερός και κινούνται τα άκρα, άρα μικρότερη ενεργοποίηση μεγάλων μυϊκών ομάδων σε σχέση με το shoulder to shoulder thrusters, και η single leg RDL η οποία αποτελεί πολυαθρική άσκηση άλλα λόγω της αστάθειας που προκαλείται από την στήριξη του ενός ποδιού η εκτέλεση της ήταν αργή με μικρή επιβάρυνση.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης υποδεικνύουν πως το ασκησιολόγιο με σακιά ως πρόσθετη επιβάρυνση, προκαλεί σημαντική ενεργειακή δαπάνη και τόσο στη συνθήκη 30'' όσο και στη συνθήκη 45'' δευτερολέπτων, με τη δεύτερη να υπερσχύει της πρώτης. Θα ήταν ωφέλιμο οι ασκήσεις αυτές να χρησιμοποιούνται σε προπονητικές μονάδες με διαλειμματικό τρόπο ώστε να επιφέρουν ακόμα μεγαλύτερη θερμιδική δαπάνη. Αυτό μπορεί να βοηθήσει πολύ τα άτομα που επιθυμούν να χάσουν βάρος και ιδιαίτερα λίπος ή να αυξήσουν τη μυϊκή τους μάζα. Πέρα από την

απώλεια βάρους, αυτού του είδους οι ασκήσεις μπορεί να βοηθήσουν στην βελτίωση της υγείας προκαλώντας καρδιομεταβολικές προσαρμογές.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Álvarez, C., Ramírez-Campillo, R., Ramírez-Vélez, R., & Izquierdo, M. (2017). Effects and prevalence of nonresponders after 12 weeks of high-intensity interval or resistance training in women with insulin resistance: a randomized trial. *J Appl Physiol* (1985), 122(4), 985-996. doi:10.1152/japplphysiol.01037.2016
- Batrakoulis, A. (2022). Role of Mind-Body Fitness in Obesity. *Diseases*, 11(1). doi:10.3390/diseases11010001
- Benito, P. J., Alvarez-Sánchez, M., Díaz, V., Morencos, E., Peinado, A. B., Cupeiro, R., & Maffulli, N. (2016). Cardiovascular Fitness and Energy Expenditure Response during a Combined Aerobic and Circuit Weight Training Protocol. *PLoS One*, 11(11), e0164349. doi:10.1371/journal.pone.0164349
- Blundell, J. E., Gibbons, C., Caudwell, P., Finlayson, G., & Hopkins, M. (2015). Appetite control and energy balance: impact of exercise. *Obes Rev*, 16 Suppl 1, 67-76. doi:10.1111/obr.12257
- Børsheim, E., & Bahr, R. (2003). Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. *Sports Med*, 33(14), 1037-1060. doi:10.2165/00007256-200333140-00002
- Brigatto, F. A., Lima, L. E. M., Germano, M. D., Aoki, M. S., Braz, T. V., & Lopes, C. R. (2022). High Resistance-Training Volume Enhances Muscle Thickness in Resistance-Trained Men. *J Strength Cond Res*, 36(1), 22-30. doi:10.1519/jsc.0000000000003413
- Chien, Y. H., Tsai, C. J., Wang, D. C., Chuang, P. H., & Lin, H. T. (2022). Effects of 12-Week Progressive Sandbag Exercise Training on Glycemic Control and Muscle Strength in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus Combined with Possible Sarcopenia. *Int J Environ Res Public Health*, 19(22). doi:10.3390/ijerph192215009
- Ferguson, B. J. T. J. o. t. C. C. A. (2014). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription 9th Ed. 2014. 58(3), 328.
- Greer, B. K., O'Brien, J., Hornbuckle, L. M., & Panton, L. B. (2021). EPOC Comparison Between Resistance Training and High-Intensity Interval Training in Aerobically Fit Women. *Int J Exerc Sci*, 14(2), 1027-1035.
- Greer, B. K., Sirithienthad, P., Moffatt, R. J., Marcello, R. T., & Panton, L. B. (2015). EPOC Comparison Between Isocaloric Bouts of Steady-State Aerobic, Intermittent Aerobic, and Resistance Training. *Res Q Exerc Sport*, 86(2), 190-195. doi:10.1080/02701367.2014.999190
- Haff, G. G., & Dumke, C. (2022). *Laboratory manual for exercise physiology: Human Kinetics*.
- Heden, T., Lox, C., Rose, P., Reid, S., & Kirk, E. P. (2011). One-set resistance training elevates energy expenditure for 72 h similar to three sets. *Eur J Appl Physiol*, 111(3), 477-484. doi:10.1007/s00421-010-1666-5
- Hirshberg, B. (2015). *Sandbag training bible. Functional workouts to tone, sculpt and strengthen your entire body*. United States: Ulysses Press.
- Hunter, G. R., Fisher, G., Neumeier, W. H., Carter, S. J., & Plaisance, E. P. (2015). Exercise Training and Energy Expenditure following Weight Loss. *Med Sci Sports Exerc*, 47(9), 1950-1957. doi:10.1249/mss.0000000000000622
- Jensen, M. D., Ryan, D. H., Apovian, C. M., Ard, J. D., Comuzzie, A. G., Donato, K. A., . . . Yanovski, S. Z. (2014). 2013 AHA/ACC/TOS guideline for the management of overweight and obesity in adults: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and The Obesity Society. *J Am Coll Cardiol*, 63(25 Pt B), 2985-3023. doi:10.1016/j.jacc.2013.11.004
- João, G. A., Rodriguez, D., Tavares, L. D., Carvas Junior, N., Miranda, M. L., Reis, V. M., . . . Figueira, A. J., Jr. (2020). Can intensity in strength training change caloric expenditure? Systematic review and meta-analysis. *Clin Physiol Funct Imaging*, 40(2), 55-66. doi:10.1111/cpf.12604

- Judge, J. O., Whipple, R. H., & Wolfson, L. I. (1994). Effects of resistive and balance exercises on isokinetic strength in older persons. *J Am Geriatr Soc*, 42(9), 937-946. doi:10.1111/j.1532-5415.1994.tb06584.x
- King, N. A., Hopkins, M., Caudwell, P., Stubbs, R. J., & Blundell, J. E. (2009). Beneficial effects of exercise: shifting the focus from body weight to other markers of health. *Br J Sports Med*, 43(12), 924-927. doi:10.1136/bjsm.2009.065557
- Le Magnen, J. (1984). [Mechanisms of regulation of energy balance]. *Reprod Nutr Dev* (1980), 24(5b), 671-692.
- Mazzetti, S. A., Wolff, C., Collins, B., Kolankowski, M. T., Wilkerson, B., Overstreet, M., & Grube, T. (2011). Influence of Differences in Exercise-intensity and Kilograms/Set on Energy Expenditure During and After Maximally Explosive Resistance Exercise. *Int J Exerc Sci*, 4(4), 273-282.
- Meirelles, C. d. M., & Gomes, P. S. C. J. R. B. d. M. d. E. (2004). Acute effects of resistance exercise on energy expenditure: revisiting the impact of the training variables. *10*, 122-130.
- Miller, M. B., Pearcey, G. E., Cahill, F., McCarthy, H., Stratton, S. B., Nofall, J. C., . . . Button, D. C. (2014). The effect of a short-term high-intensity circuit training program on work capacity, body composition, and blood profiles in sedentary obese men: a pilot study. *Biomed Res Int*, 2014, 191797. doi:10.1155/2014/191797
- Nakagata, T., Yamada, Y., & Naito, H. (2018). Energy expenditure, recovery oxygen consumption, and substrate oxidation during and after body weight resistance exercise with slow movement compared to treadmill walking. *Physiol Int*, 105(4), 371-385. doi:10.1556/2060.105.2018.4.27
- Niemiro, G. M., Rewane, A., & Algotar, A. M. (2022). Exercise and Fitness Effect On Obesity. In *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing
- Copyright © 2022, StatPearls Publishing LLC.
- Peterson, J. A. J. A. s. H., & Journal, F. (2017). Ten nice-to-know facts about functional training. *21*(3), 52.
- Pierce, K., Rozenek, R., & Stone, M. H. (1993). Effects of High Volume Weight Training on Lactate, Heart Rate, and Perceived Exertion. *7*(4), 211-215. Retrieved from https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/1993/11000/Effects_of_High_Volume_Weight_Training_on_Lactate.4.aspx
- Poulios, A., Fatouros, I. G., Mohr, M., Draganidis, D. K., Deli, C., Papanikolaou, K., . . . Jamurtas, A. Z. (2018). Post-Game High Protein Intake May Improve Recovery of Football-Specific Performance during a Congested Game Fixture: Results from the PRO-FOOTBALL Study. *Nutrients*, 10(4). doi:10.3390/nu10040494
- Quinn, T. J., Vroman, N. B., & Kertzer, R. (1994). Postexercise oxygen consumption in trained females: effect of exercise duration. *Med Sci Sports Exerc*, 26(7), 908-913.
- Ramírez-Vélez, R., Castro-Astudillo, K., Correa-Bautista, J. E., González-Ruiz, K., Izquierdo, M., García-Hermoso, A., . . . Correa-Rodríguez, M. (2020). The Effect of 12 Weeks of Different Exercise Training Modalities or Nutritional Guidance on Cardiometabolic Risk Factors, Vascular Parameters, and Physical Fitness in Overweight Adults: Cardiometabolic High-Intensity Interval Training-Resistance Training Randomized Controlled Study. *J Strength Cond Res*, 34(8), 2178-2188. doi:10.1519/jsc.0000000000003533
- Ratamess, N. A., Kang, J., Kuper, J. D., O'Grady, E. A., Ellis, N. L., Vought, I. T., . . . Faigenbaum, A. D. (2018). Acute Cardiorespiratory and Metabolic Effects of a Sandbag Resistance Exercise Protocol. *J Strength Cond Res*, 32(6), 1491-1502. doi:10.1519/jsc.0000000000002415
- Reis, V. M., Júnior, R. S., Zajac, A., & Oliveira, D. R. (2011). Energy cost of resistance exercises: an uptade. *J Hum Kinet*, 29a, 33-39. doi:10.2478/v10078-011-0056-3

- Reis, V. M., Vianna, J. M., Barbosa, T. M., Garrido, N., Vilaça Alves, J., Carneiro, A. L., . . . Novaes, J. (2019). Are wearable heart rate measurements accurate to estimate aerobic energy cost during low-intensity resistance exercise? *PLoS One*, 14(8), e0221284. doi:10.1371/journal.pone.0221284
- Ribeyre, J., Fellmann, N., Montaurier, C., Delaître, M., Vernet, J., Coudert, J., & Vermorel, M. (2000). Daily energy expenditure and its main components as measured by whole-body indirect calorimetry in athletic and non-athletic adolescents. *Br J Nutr*, 83(4), 355-362.
- Schaun, G. Z., Alberton, C. L., Ribeiro, D. O., & Pinto, S. S. (2017). Acute effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training sessions on cardiorespiratory parameters in healthy young men. *Eur J Appl Physiol*, 117(7), 1437-1444. doi:10.1007/s00421-017-3636-7
- Scott, C. (2005). Misconceptions about Aerobic and Anaerobic Energy Expenditure. *J Int Soc Sports Nutr*, 2(2), 32-37. doi:10.1186/1550-2783-2-2-32
- Scott, C. B., Croteau, A., & Ravlo, T. (2009). Energy expenditure before, during, and after the bench press. *J Strength Cond Res*, 23(2), 611-618. doi:10.1519/JSC.0b013e31818c2845
- Scott, C. B., Leighton, B. H., Ahearn, K. J., & McManus, J. J. (2011). Aerobic, anaerobic, and excess postexercise oxygen consumption energy expenditure of muscular endurance and strength: 1-set of bench press to muscular fatigue. *J Strength Cond Res*, 25(4), 903-908. doi:10.1519/JSC.0b013e3181c6a128
- Sherwood, L. (2015). *Human physiology: from cells to systems*: Cengage learning.
- Speakman, J. R., & Selman, C. (2003). Physical activity and resting metabolic rate. *Proc Nutr Soc*, 62(3), 621-634. doi:10.1079/pns2003282
- Stec, M. J., & Rawson, E. S. (2012). Estimation of resistance exercise energy expenditure using triaxial accelerometry. *J Strength Cond Res*, 26(5), 1413-1422. doi:10.1519/JSC.0b013e318248d7b4
- Tamura, T. (2019). Wearable oxygen uptake and energy expenditure monitors. *Physiol Meas*, 40(8), 08tr01. doi:10.1088/1361-6579/ab3827
- Tibana, R. A., De Sousa, N. M. F., Prestes, J., & Voltarelli, F. A. (2018). Lactate, Heart Rate and Rating of Perceived Exertion Responses to Shorter and Longer Duration CrossFit(®) Training Sessions. *J Funct Morphol Kinesiol*, 3(4). doi:10.3390/jfkmk3040060
- Viana, R. B., Naves, J. P. A., Coswig, V. S., de Lira, C. A. B., Steele, J., Fisher, J. P., & Gentil, P. (2019). Is interval training the magic bullet for fat loss? A systematic review and meta-analysis comparing moderate-intensity continuous training with high-intensity interval training (HIIT). *Br J Sports Med*, 53(10), 655-664. doi:10.1136/bjsports-2018-099928
- Vilaça, J., Bottaro, M., & Santos, C. (2011). Energy expenditure combining strength and aerobic training. *J Hum Kinet*, 29a, 21-25. doi:10.2478/v10078-011-0054-5
- Westerterp, K. R. (2000). Control of Energy Expenditure in Humans. In K. R. Feingold, B. Anawalt, M. R. Blackman, A. Boyce, G. Chrousos, E. Corpas, W. W. de Herder, K. Dhatariya, K. Dungan, J. Hofland, S. Kalra, G. Kaltsas, N. Kapoor, C. Koch, P. Kopp, M. Korbonits, C. S. Kovacs, W. Kuohung, B. Laferrère, M. Levy, E. A. McGee, R. McLachlan, M. New, J. Purnell, R. Sahay, F. Singer, M. A. Sperling, C. A. Stratakis, D. L. Trence, & D. P. Wilson (Eds.), *Endotext*. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.
- Copyright © 2000-2023, MDText.com, Inc.
- Westerterp, K. R. (2008). Physical activity as determinant of daily energy expenditure. *Physiol Behav*, 93(4-5), 1039-1043. doi:10.1016/j.physbeh.2008.01.021
- Westerterp, K. R. (2018). Exercise, energy balance and body composition. *Eur J Clin Nutr*, 72(9), 1246-1250. doi:10.1038/s41430-018-0180-4

- Wewege, M., van den Berg, R., Ward, R. E., & Keech, A. (2017). The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. *Obes Rev*, 18(6), 635-646. doi:10.1111/obr.12532
- Wilmore, J. H., Parr, R. B., Ward, P., Vodak, P. A., Barstow, T. J., Pipes, T. V., . . . Leslie, P. (1978). Energy cost of circuit weight training. *Med Sci Sports*, 10(2), 75-78.
- Zhang, H., Tong, T. K., Kong, Z., Shi, Q., Liu, Y., & Nie, J. (2021). Exercise training-induced visceral fat loss in obese women: The role of training intensity and modality. *Scand J Med Sci Sports*, 31(1), 30-43. doi:10.1111/sms.13803
- Κλεισούρας, Β. (2011). *Εργοφυσιολογία* (11 ed.). Ελλάδα: Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδη.