



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
"ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ & ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗ"**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Επίδραση της οξείας κατανάλωσης καφεΐνης στην επίδοση
αθλητών Crossfit**

Ζωή Κονιδάρη [Α.Ε.Μ. 13036]

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία-υποβλήθηκε στο Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος στη «Φυσιολογία της Άσκησης & Προπονητική» στην Ειδίκευση "Φυσιολογία της Άσκησης"

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Επιβλέπων Καθηγητής: Γρηγόριος Μπογδάνης, Καθηγητής Σ.Ε.Φ.Α.Α. – Ε.Κ.Π.Α.

2ο Μέλος: Βασίλειος Μούγιος, Καθηγητής Σ.Ε.Φ.Α.Α. – Α.Π.Θ.

3ο Μέλος: Ηλίας Σμήλιος, Αναπληρωτής Καθηγητής Σ.Ε.Φ.Α.Α. – Δ.Π.Θ.

Κομοτηνή, 2023



DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE

SCHOOL OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORTS SCIENCE

DEPARTMENT OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORTS SCIENCE

POSTGRADUATE PROGRAM

"EXERCISE PHYSIOLOGY & SPORTS TRAINING SCIENCE"

MASTER'S DISSERTATION

The effect of acute caffeine consumption on performance of Crossfit athletes

Zoi Konidari [R.N. 13036]

A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the Master's Degree in "Exercise Physiology and Sports Training Science" of the Department of Physical Education and Sport Science, Democritus University of Thrace, specialized in Exercise Physiology

COMMITTEE OF EXAMINERS

Supervisor: Gregory Bogdanis, Professor D.P.E.S.S. – National & Kapodistrian University of Athens

Member 2: Vassilis Mougios, Professor D.P.E.S.S. – Aristotle University of Thessaloniki

Member 3: Ilias Smilios, Associate Professor D.P.E.S.S. – Democritus University of Thrace

Komotini, 2023

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω πρωταρχικά τον επιβλέποντα της εργασίας μου, κ. Γρηγόρη Μπογδάνη, για τις κατευθύνσεις, τις συμβουλές, τις γνώσεις, την υποστήριξη, αλλά και τον χρόνο που μου αφιέρωσε, ώστε να πραγματοποιηθεί άρτια η παρούσα ερευνητική εργασία. Έπειτα τον κ. Βασίλη Μούγιο και τον κ. Σμήλιο Ηλία, μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής, για τις διορθώσεις που μου υπέδειξαν στην συγγραφή της διπλωματικής μου εργασίας.

Η ερευνητική μου μελέτη δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί χωρίς την συμβολή της Μικαέλας Φεράλδη, η οποία με μεγάλη προθυμία μου παραχώρησε τον χώρο εκγύμνασης που διαθέτει στους Αμπελόκηπους και για αυτό την ευχαριστώ θερμά.

Επιπλέον, ευχαριστώ την Πηνελόπη Κονιδάρη και την Γιούλη Χαμπηλομάτη, που συνέβαλαν σε σημαντικές διεκπεραιωτικές διαδικασίες για την πραγματοποίηση της μελέτης. Τους Σπύρο Κουτσουρέλη, Τάσο Χατζηδάκη, Δημήτρη Αναστασίου και Παναγιώτη Μουντρούδη για τις συμβουλές και πληροφορίες που μου έδωσαν σχετικά με την τεχνική των ασκήσεων του Crossfit, αλλά και την λογική διεξαγωγής του συγκεκριμένου προπονητικού προγράμματος. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον Δημήτρη Αναστασίου, που έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην εύρεση εθελοντών για την μελέτη.

Επιπρόσθετα ευχαριστώ όλους μου τους εθελοντές, ακόμα και αυτούς που για δικούς τους λόγους δεν ολοκλήρωσαν την συμμετοχή τους στην μελέτη, καθώς χωρίς αυτούς δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί το πειραματικό κομμάτι.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω το αθλητικό τμήμα του Δήμου Βύρωνα, που μου παραχώρησε το κλειστό δημοτικό γυμναστήριο «Στέφανος Καράλης» προκειμένου να πραγματοποιηθεί η δοκιμασία του παλίνδρομου τρεξίματος.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ζωή Κονιδάρη: Επίδραση της οξείας κατανάλωσης καφεΐνης στην επίδοση αθλητών Crossfit

(Με την επίβλεψη του Καθηγητή Γρηγόρη Μπογδάνη)

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να διερευνηθεί η επίδραση της οξείας κατανάλωσης καφεΐνης στην απόδοση αθλητών του Crossfit. Σε αυτήν την τυχαιοποιημένη, διπλά τυφλή, διασταυρούμενη μελέτη συμμετείχαν δώδεκα υγιείς άνδρες, ηλικίας $29,2 \pm 3,8$ ετών (μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση παντού), με εμπειρία $4,9 \pm 1,9$ ετών στο Crossfit. Οι εθελοντές πραγματοποίησαν συγκεκριμένο προπονητικό πρόγραμμα Crossfit, με στόχο την εκτέλεση των περισσότερων δυνατών επαναλήψεων σε κάθε άσκηση, σε δύο διαφορετικές συνθήκες, με απόσταση τουλάχιστον επτά ημερών μεταξύ τους. Όλοι οι εθελοντές είχαν πρότερα πραγματοποιήσει μια συνεδρία εξοικείωσης με το προπονητικό πρόγραμμα. Στην μία συνθήκη έλαβαν $7,1 \pm 0,7$ mg/kg σωματικού βάρους (ΣΒ) άνυδρης καφεΐνης 60 λεπτά πριν την εκτέλεση της προπόνησης και στην άλλη ίση ποσότητα εικονικού σκευάσματος. Το πρόγραμμα περιλάμβανε τέσσερις γύρους (50 s άσκηση / 10 s διάλειμμα) πέντε ασκήσεων: κάμψεις και εκτάσεις αγκώνων, επολέ (επιβάρυνση 40% ΣΒ), ημικαθίσματα (επιβάρυνση 50% ΣΒ), διπλώσεις κορμού και άρσεις θανάτου (επιβάρυνση 60% ΣΒ). Στο τέλος του κάθε γύρου έγινε καταγραφή της υποκειμενικής αντίληψης κόπωσης, ενώ πριν και αμέσως μετά την ολοκλήρωση της προπονητικής συνεδρίας πραγματοποιήθηκε μέτρηση της συγκέντρωσης του γαλακτικού στο αίμα. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι η κατανάλωση καφεΐνης είχε στατιστικά σημαντική αρνητική επίδραση στις επαναλήψεις των διπλώσεων κορμού στον τέταρτο γύρο ($p= 0,012$), ενώ δεν επηρέασε τις συνολικές επαναλήψεις, τις επαναλήψεις ανά γύρο του προγράμματος ή τις επαναλήψεις των υπόλοιπων ασκήσεων, σε σύγκριση με την κατανάλωση εικονικού σκευάσματος. Τέλος, η κατανάλωση καφεΐνης δεν φάνηκε να επιδρά στην υποκειμενική αντίληψη κόπωσης και τη συγκέντρωση του γαλακτικού. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης υποδηλώνουν ότι η λήψη καφεΐνης δεν βελτιώνει την απόδοση νέων αρρένων αθλητών του Crossfit και πιθανώς ασκεί αρνητική επίδραση στην εκτέλεση διπλώσεων κορμού σε συνθήκες συσσωρευμένης κόπωσης.

Λέξεις Κλειδιά: καφεΐνη, Crossfit, υποκειμενική αντίληψη κόπωσης, γαλακτικό, επίδοση

ABSTRACT

Zoi Konidari: The effect of acute caffeine consumption on performance of Crossfit athletes

(Under the supervision of Professor Gregory Bogdanis)

The purpose of the present study was to investigate the acute effect of caffeine consumption on performance of Crossfit athletes. Twelve healthy men, aged 29.2 ± 3.8 years (mean \pm SD throughout), with 4.9 ± 1.9 years of Crossfit experience, were randomized in a double-blind, crossover trial. The volunteers completed two sessions of a specific Crossfit training program, separated by a washout period of at least seven days, 60 minutes after consuming anhydrous caffeine [7.1 ± 0.7 mg/kg of body weight (BW)] or the same quantity of placebo. All volunteers had previously completed a familiarization session. The program consisted of four rounds (50 s exercise / 10 s rest) of five exercises: push-ups, power clean (40% BW load), front-squats (50% BW load), sit-ups and deadlifts (60% BW load). The aim was to correctly perform as many repetitions as possible in each exercise. The rate of perceived exertion was recorded at the end of each round. Blood lactate was measured before and immediately after completing the training program. Analysis of data revealed that caffeine consumption had a statistically significant negative effect on sit-ups repetitions in the fourth round ($p = 0.012$), while it did not affect the total repetitions, the repetitions per round, or the repetitions of the remaining exercises compared to placebo. Finally, caffeine consumption did not affect the rating of perceived exertion and the lactate concentration. The results of the present study suggest that caffeine consumption does not improve performance of young male Crossfit athletes and may have a negative effect on sit-up performance under conditions of accumulated fatigue.

Key words: caffeine, Crossfit, rate of perceived exertion, lactic acid, performance

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	6
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	9
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
1.1. Σκοπός.....	13
1.2. Ερευνητικές υποθέσεις.....	13
1.3. Οριοθετήσεις και Περιορισμοί.....	13
1.4. Ορισμοί και Συντομογραφίες.....	15
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	16
2.1. Δείγμα.....	16
2.2. Πειραματικός σχεδιασμός.....	16
2.3. Περιγραφή μετρήσεων και όργανα μέτρησης.....	17
2.3.1. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά.....	17
2.3.2. Εκτίμηση μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO ₂ max) και μέτρηση μέγιστης καρδιακής συχνότητας	17
2.3.3. Προπονητική συνεδρία Crossfit.....	19
2.3.4. Πειραματική διαδικασία.....	19
2.3.5. Εκτίμηση συνήθους κατανάλωσης καφεΐνης.....	20
2.3.6. Λήψη ιατρικού ιστορικού.....	20
2.3.7. Πρόσθετες πληροφορίες.....	21
2.3.8. Βιοηθική.....	21
2.4. Στατιστική ανάλυση.....	21
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	23
3.1. Περιγραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος.....	23
3.2. Απόδοση στο πρόγραμμα Crossfit.....	23

3.2.1. Συνολικές επαναλήψεις ασκήσεων	23
3.2.2. Συνολικές επαναλήψεις των ασκήσεων ανά γύρο.....	24
3.2.3. Επαναλήψεις στην άσκηση των κάμψεων και εκτάσεων αγκώνων.....	24
3.2.4. Επαναλήψεις στην άσκηση του επολέ.....	25
3.2.5. Επαναλήψεις στην άσκηση του ημικαθίσματος.....	26
3.2.6. Επαναλήψεις στην άσκηση των διπλώσεων κορμού.....	27
3.2.7. Επαναλήψεις στην άσκηση των άρσεων θανάτου.....	28
3.3. Συγκέντρωση γαλακτικού αίματος	29
3.4. Καρδιακή Συχνότητα	30
3.4.1. Μέση τιμή καρδιακής συχνότητας	30
3.4.2. Μέγιστη τιμή καρδιακής συχνότητας	31
3.5. Υποκειμενική αντίληψη κόπωσης	32
3.6. Παρενέργειες από τη λήψη καφεΐνης και εικονικού σκευάσματος	33
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	34
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	42
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	43
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	50
Παράρτημα 1: Οδηγίες προετοιμασίας για λιπομέτρηση.....	50
Παράρτημα 2. Οδηγίες προετοιμασίας για παλίνδρομο τρέξιμο.....	51
Παράρτημα 3. Οδηγίες προετοιμασίας για το προπονητικό πρόγραμμα.....	52
Παράρτημα 4. Ενημερωτικό σημείωμα με δήλωση συγκατάθεσης.....	53

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.	Βασικά περιγραφικά χαρακτηριστικά του υπό μελέτη δείγματος	23
Πίνακας 2.	Παρενέργειες από την λήψη καφεΐνης και εικονικού σκευάσματος..	33

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

- Σχήμα 1.** Συνολικές επαναλήψεις ανά γύρο του προγράμματος Crossfit (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση) ύστερα από κατανάλωση καφεΐνης και ύστερα από κατανάλωση εικονικού σκευάσματος. * $p < 0,001$ σε σύγκριση με τον 1ο γύρο, $\neq p < 0,001$ σε σύγκριση με τον 2ο γύρο. 24
- Σχήμα 2.** Επαναλήψεις στην άσκηση των κάμψεων και εκτάσεων αγκώνων ανά γύρο του προγράμματος Crossfit (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση) ύστερα από κατανάλωση καφεΐνης και ύστερα από κατανάλωση εικονικού σκευάσματος (* υποδεικνύει $p < 0,001$ σε σύγκριση με τον 1ο γύρο, \neq υποδεικνύει $p < 0,001$ σε σύγκριση με τον 2ο γύρο, \neq υποδεικνύει $p < 0,001$ σε σύγκριση με τον 3ο γύρο). 25
- Σχήμα 3.** Επαναλήψεις στην άσκηση του επολέ ανά γύρο του προγράμματος Crossfit (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση) ύστερα από κατανάλωση καφεΐνης και ύστερα από κατανάλωση εικονικού σκευάσματος (* υποδεικνύει $p < 0,001$ σε σύγκριση με τον 1ο γύρο). 26
- Σχήμα 4.** Επαναλήψεις στην άσκηση του ημικαθίσματος ανά γύρο του προγράμματος Crossfit (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση) ύστερα από κατανάλωση καφεΐνης και ύστερα από κατανάλωση εικονικού σκευάσματος (* υποδεικνύει $p < 0,001$ σε σύγκριση με τον 1ο γύρο, \neq υποδεικνύει $p < 0,001$ σε σύγκριση με τον 2ο γύρο). 27
- Σχήμα 5.** Επαναλήψεις στην άσκηση των διπλώσεων κορμού ανά γύρο του προγράμματος Crossfit ύστερα από κατανάλωση καφεΐνης (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση) και ύστερα από κατανάλωση εικονικού σκευάσματος (* υποδεικνύει $p < 0,05$ μεταξύ κατανάλωσης καφεΐνης και κατανάλωσης εικονικού σκευάσματος). 28
- Σχήμα 6.** Επαναλήψεις στην άσκηση άρσεων θανάτου ανά γύρο του προγράμματος Crossfit (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση) ύστερα από κατανάλωση καφεΐνης και ύστερα από κατανάλωση εικονικού σκευάσματος (* υποδεικνύει $p < 0,05$ σε σύγκριση με τους γύρους της άσκησης). 29

- Σχήμα 7.** Συγκεντρώσεις γαλακτικού πριν και μετά το πρόγραμμα Crossfit (μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση) ύστερα από κατανάλωση καφεΐνης και ύστερα από κατανάλωση εικονικού σκευάσματος (* υποδεικνύει $p < 0,05$ πριν και μετά το πέρας της άσκησης). 30
- Σχήμα 8.** Σχετική τιμή μέσης καρδιακής συχνότητας ανά γύρο του προγράμματος Crossfit (μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση) ύστερα από κατανάλωση καφεΐνης και ύστερα από κατανάλωση εικονικού σκευάσματος (* υποδεικνύει $p < 0,05$ σε σύγκριση με τον 1ο γύρο). 31
- Σχήμα 9.** Σχετική τιμή μέγιστης καρδιακής συχνότητας ανά γύρο του προγράμματος Crossfit (μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση) ύστερα από κατανάλωση καφεΐνης και ύστερα από κατανάλωση εικονικού σκευάσματος. 32
- Σχήμα 10.** Υποκειμενική αντίληψη κόπωσης ανά γύρο του προγράμματος Crossfit (μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση) ύστερα από κατανάλωση καφεΐνης και ύστερα από κατανάλωση εικονικού σκευάσματος (* υποδεικνύει $p < 0,001$ σε σύγκριση με τον 1ο γύρο, \neq υποδεικνύει $p < 0,001$ σε σύγκριση με τον 2ο γύρο, \neq υποδεικνύει $p < 0,001$ σε σύγκριση με τον 3ο γύρο). 33

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Crossfit αποτελεί μια από τις πιο δημοφιλείς μορφές εκγύμνασης. Πρόκειται για μια υψηλής έντασης, λειτουργική προπόνηση που στοχεύει στη βελτίωση του καρδιαναπνευστικού συστήματος και την ανάπτυξη της αντοχής, της δύναμης, της ταχυδύναμης, της ταχύτητας, της ευλυγισίας, του συντονισμού, της ισορροπίας και της ευκινησίας (Claudino et al., 2018). Το προπονητικό πρόγραμμα του Crossfit ονομάζεται “workout of the day” (WOD), δηλαδή προπόνηση της ημέρας και περιλαμβάνει ασκήσεις από την ενόργανη, την άρση βαρών και τη βασική γυμναστική. Οι ασκήσεις εκτελούνται κυκλικά, γρήγορα, με υψηλή ένταση και με μικρό ή καθόλου διάλειμμα μεταξύ των σετ. Η μεθοδολογία στην οποία στηρίζονται τα WOD είναι εντελώς εμπειρική (Claudino et al., 2018; Dos Santos Quaresma, Guazzelli Marques, & Nakamoto, 2021; Forte, Freire, Junior, Melo, & Meireles, 2022).

Αν και οι αθλούμενοι και οι αθλητές του Crossfit χρησιμοποιούν πολλές διατροφικές στρατηγικές προκειμένου να βελτιώσουν την απόδοσή τους, οι περισσότερες από αυτές είναι εμπειρικές, καθώς μικρός αριθμός μελετών έχει εστιάσει στη διερεύνηση της πιθανής ευεργετικής επίδρασής τους στο συγκεκριμένο άθλημα (Dos Santos Quaresma et al., 2021). Μια από αυτές τις στρατηγικές είναι η λήψη συμπληρώματος καφεΐνης (Claudino et al., 2018; Dos Santos Quaresma et al., 2021).

Η καφεΐνη χρησιμοποιείται ευρέως ως εργογόνο βοήθημα από τους αθλητές, καθώς η θετική της δράση είναι επιβεβαιωμένη σε διάφορες μορφές άσκησης (π.χ. σε δραστηριότητες αντοχής, στην προπόνηση με αντιστάσεις και σε αθλήματα που βασίζονται στην ταχυδύναμη) (Guest et al., 2021; Pickering & Grgic, 2019; Shabir, Hooton, Tallis, & Higgins, 2018), με την αερόβια αντοχή να βελτιώνεται περισσότερο σε σύγκριση με τις άλλες φυσικές ικανότητες. Δόσεις στο εύρος των 3-9 mg/kg σωματικού βάρους φαίνονται επαρκείς για να προκαλέσουν εργογόνα αποτελέσματα (Grgic, Mikulic, Schoenfeld, Bishop, & Pedisic, 2019), αλλά οι γενικές κατευθυντήριες οδηγίες συνιστούν την κατανάλωση 3-6 mg/kg σωματικού βάρους (Pickering & Grgic, 2019), καθώς η κατανάλωση μεγαλύτερων δόσεων αυξάνει την πιθανότητα εμφάνισης παρενεργειών (π.χ. ταχυκαρδία, αίσθημα παλμών, πονοκέφαλος, αϋπνία, αίσθημα ανησυχίας, γαστρεντερικές διαταραχές), ενώ ταυτόχρονα δεν είναι αναγκαία προκειμένου να επέλθουν εργογόνα αποτελέσματα. Όσον αφορά τον χρόνο λήψης της καφεΐνης, συνήθως

είναι 60 λεπτά πριν την άσκηση, αν και αυτό πιθανώς εξαρτάται από την μορφή στην οποία πρόκειται να καταναλωθεί (π.χ. κάψουλες ή τσίχλες καφεΐνης) (Guest et al., 2021). Αξίζει να αναφερθεί ότι, παρά την επιβεβαιωμένη εργογόνο δράση της καφεΐνης, εμφανίζονται διαφορές μεταξύ των ατόμων ως προς την επίδρασή της στην απόδοση, γεγονός που αποδίδεται πιθανώς στα διαφορετικά επίπεδα συνήθους πρόσληψης καφεΐνης (Bell & McLellan, 2002; Guest et al., 2021; Shabir et al., 2018; Sokmen et al., 2008), το φύλο, την ηλικία, το προπονητικό επίπεδο, την ώρα της ημέρας που καταναλώνεται (Guest et al., 2021; Pickering & Grgic, 2019) και γενετικές διαφορές που σχετίζονται με τον μεταβολισμό της, την σωματική και ψυχολογική απόκριση (Fulton et al., 2018; Guest et al., 2021; Pickering & Grgic, 2019; Pickering & Kiely, 2018; Southward, Rutherford-Markwick, Badenhorst, & Ali, 2018).

Όσον αφορά τους μηχανισμούς που ερμηνεύουν την εργογόνο δράση της καφεΐνης, πρωταρχικός είναι αυτός που αφορά την επίδρασή της στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Η καφεΐνη, έχοντας παρόμοια μοριακή δομή με την αδενοσίνη, δρα ως ανταγωνιστής της, με αποτέλεσμα την αύξηση της απελευθέρωσης νευροβιαδιβαστών, την αύξηση του ρυθμού επιστράτευσης-ενεργοποίησης των κινητικών μονάδων και την καταστολή του πόνου. Πρόσθετοι μηχανισμοί που έχουν προταθεί αφορούν τη θετική επίδρασή της στη μυϊκή συστολή λόγω αύξησης της απελευθέρωσης ιόντων ασβεστίου, της αύξησης της δραστηριότητας της αντλίας νατρίου-καλίου και τη βελτίωση του ασκησιακού μεταβολισμού και της διαθεσιμότητας υποστρωμάτων, αυξάνοντας την οξείδωση των λιπαρών οξέων και οδηγώντας σε εξοικονόμηση γλυκογόνου. Το τελευταίο σενάριο έχει πλέον απορριφθεί, ενώ φαίνεται πως, για να μπορέσει να επιφέρει αύξηση στην μυϊκή συσταλτικότητα, απαιτούνται τοξικές δόσεις (Glaister & Gissane, 2018; Grgic, 2021; Guest et al., 2021).

Η εργογόνος επίδραση της καφεΐνης στις διάφορες σωματικές ικανότητες (π.χ. στην αερόβια αντοχή, την ταχύτητα, τη μυϊκή δύναμη και μυϊκή αντοχή) έχει επιβεβαιωθεί από μελέτες που διερευνούν την δράση της ξεχωριστά σε κάθε μια από αυτές. Υπάρχουν όμως αθλήματα που δεν χαρακτηρίζονται ως αμιγώς αντοχής ή δύναμης, αλλά απαιτούν τον συνδυασμό διαφόρων σωματικών ικανοτήτων και δεξιοτήτων (Stein, Ramirez, & Heinrich, 2020). Το Crossfit ανήκει σε αυτή την κατηγορία, καθώς απαιτεί ταυτόχρονα αερόβια ικανότητα, μυϊκή δύναμη, ταχυδύναμη, ταχύτητα, ευλυγισία, συντονισμό, ισορροπία και ευκινησία (Claudino et al., 2018; Stein et al., 2020). Τα δεδομένα για τέτοιου τύπου

αθλήματα είναι περιορισμένα, ενώ συγκεκριμένα για το Crossfit έχουν διεξαχθεί μόνο δύο μελέτες, οι οποίες έδειξαν ότι η λήψη καφεΐνης δεν βελτίωσε την απόδοση των αθλούμενων (Fogaca et al., 2020; Southward, Rutherford-Markwick, & Ali, 2018; Stein et al., 2020). Και οι δυο μελέτες ήταν τυχαιοποιημένες, διπλά τυφλές, διασταυρούμενες, με χρήση εικονικού σκευάσματος και αφορούσαν νέους άντρες αθλητές του Crossfit, οι οποίοι έλαβαν κάψουλες καφεΐνης σε δόσεις των 5 (Stein et al., 2020) και 6 mg/kg σωματικού βάρους (Fogaca et al., 2020).

Δεδομένης της ευεργετικής δράσης της καφεΐνης στις επιμέρους σωματικές ικανότητες που απαιτούνται για το Crossfit και του μικρού αριθμού μελετών που έχουν διερευνήσει το θέμα, η παρούσα μελέτη φαίνεται αναγκαία, ώστε να συμβάλει στην διερεύνηση της επίδρασης της καφεΐνης στην απόδοση στο συγκεκριμένο άθλημα.

1.1. Σκοπός

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να διερευνηθεί η επίδραση της οξείας κατανάλωσης καφεΐνης στην απόδοση αθλητών του Crossfit.

1.2. Ερευνητικές υποθέσεις

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκαν τρεις βασικές ερευνητικές υποθέσεις. Συγκεκριμένα, εξετάστηκε αν η κατανάλωση άνυδρης καφεΐνης (σε ποσότητα 6-8 mg/kg σωματικού βάρους) 60 λεπτά πριν από την εκτέλεση ενός προγράμματος Crossfit από νέους αθλητές Crossfit:

1. βελτιώνει την απόδοση
2. μειώνει την υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης
3. αυξάνει την συγκέντρωση του γαλακτικού στο τέλος της προπόνησης

1.3. Οριοθετήσεις και περιορισμοί

Οι οριοθετήσεις της παρούσας έρευνας αναφέρονται παρακάτω:

- Ως προς την εκτέλεση του προπονητικού προγράμματος και των άλλων αθλητικών δοκιμασιών της έρευνας: Η εκτέλεση των αθλητικών δοκιμασιών και του προπονητικού προγράμματος στο 100% των δυνατοτήτων των εθελοντών ενέχει πάντα περιθώριο αμφιβολίας, δεδομένου ότι επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι η ψυχολογία, η διάθεση εκτέλεσης της άσκησης, η

σύσταση της διατροφής και τα προπονητικά προγράμματα (διαφορά στις μυϊκές ομάδες εκγύμνασης, στην ένταση κτλ.) που είχαν ακολουθήσει οι εθελοντές τις προηγούμενες ημέρες, καθώς και οι ώρες και η ποιότητα ύπνου των προηγούμενων ημερών. Προκειμένου να περιορισθούν οι παράμετροι που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την απόδοση στις δυο πειραματικές διαδικασίες, δόθηκαν συγκεκριμένες οδηγίες στους εθελοντές. Πιο αναλυτικά, όσον αφορά την διατροφή έπρεπε να είναι επαρκώς ενυδατωμένοι και να έχουν καταναλώσει 3-4 ώρες πριν την δοκιμασία κάποιο γεύμα που να περιείχε υδατάνθρακες, να ήταν ελαφρύ, όχι μεγάλου όγκου κι όχι ιδιαίτερα λιπαρό, ώστε να μην προκαλεί γαστρεντερική δυσφορία. Επιπλέον, ζητήθηκε να το καταγράψουν σε ποσότητα και ποιότητα και να καταναλώσουν το ίδιο γεύμα και στην δεύτερη συνθήκη. Ομοίως, ζητήθηκε λεπτομερής καταγραφή ημερολογίου διατροφής για τις δύο τελευταίες ημέρες πριν την συμμετοχή τους στην πρώτη πειραματική συνθήκη, με στόχο την ακριβή επανάληψή του πριν τη δεύτερη. Όσον αφορά την άσκηση, δόθηκε οδηγία να αποφύγουν οποιαδήποτε άσκηση τις τελευταίες 24 ώρες πριν την διεξαγωγή της δοκιμασίας και να φροντίσουν οι προπονήσεις μία εβδομάδα πριν την κάθε δοκιμασία να είναι όμοιας συχνότητας και επιβάρυνσης. Τέλος, δόθηκε η οδηγία να είναι ξεκούραστοι και να έχουν κοιμηθεί επαρκώς την προηγούμενη ημέρα. Πριν την συμμετοχή στις προπονήσεις ερωτήθηκαν αν τήρησαν τις οδηγίες, ενώ υπήρξε ξεχωριστή ερώτηση για τις ώρες ύπνου τα δύο τελευταία βράδια πριν την δοκιμασία.

- *Ως προς την εκτίμηση της ημερήσιας κατανάλωσης καφεΐνης:* Οι πληροφορίες συλλέχθηκαν από ερωτηματολόγιο που δεν είχε ελεγχθεί για την εγκυρότητα και την αξιοπιστία του. Επιπλέον, θεωρήθηκε ότι οι εθελοντές εκτίμησαν και ανακάλεσαν σωστά και με ειλικρίνεια τις απαντήσεις στις σχετικές ερωτήσεις.
- *Ως προς την λήψη άλλων συμπληρωμάτων:* Η πληροφορία επαφιόταν στην ειλικρινή απάντηση των εθελοντών.
- *Ως προς τον έλεγχο της τήρησης των οδηγιών για την προετοιμασία και την συμμετοχή στις διαδικασίες της έρευνας:* Η πληροφορία επαφιόταν στην ειλικρινή απάντηση των εθελοντών.

1.4. Ορισμοί και συντομογραφίες

Οι ορισμοί που χρησιμοποιούνται στην παρούσα μελέτη είναι οι εξής:

- Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου: Ορίζεται ως η μέγιστη ποσότητα οξυγόνου που ο οργανισμός είναι ικανός να προσλάβει, να μεταφέρει και να αξιοποιήσει μέσω του αναπνευστικού, του καρδιαγγειακού και του μυϊκού συστήματος αντίστοιχα (Smirmaul, Bertucci, & Teixeira, 2013).
- Μέγιστη Καρδιακή Συχνότητα: Ορίζεται ως η μέγιστη συχνότητα με την οποία μπορεί η καρδιά να πάλλεται (NTNU, 2022).
- Υποκειμενική Αντίληψη Κόπωσης: Αφορά την υποκειμενική αντίληψη και αξιολόγηση του ατόμου για το πόσο δύσκολη ή εύκολη είναι η φυσική δραστηριότητα που εκτελεί (Eston, 2012).
- Γαλακτικό: Πρόκειται για μεταβολίτη που παράγεται κυρίως στα μυϊκά κύτταρα και στα ερυθρά αιμοσφαίρια όταν το σώμα διασπά αναερόβια υδατάνθρακες ως πηγή ενέργειας, όπως συμβαίνει και κατά την έντονη άσκηση (MedlinePlus, 2022).

Όσον αφορά τις συντομογραφίες:

- ✓ ΔΜΣ: Δείκτης μάζας σώματος
- ✓ ΣΛ: Σωματικό λίπος
- ✓ WOD: Workout of the day, Προπόνηση της ημέρας
- ✓ VO₂max: Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου
- ✓ RPE: Rating of Perceived Exertion, υποκειμενική αντίληψη Κόπωσης

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1. Δείγμα

Στη μελέτη συμμετείχαν 12 άνδρες, ηλικίας 22 έως 37 ετών, που ασχολούνταν με το Crossfit για τουλάχιστον 2 χρόνια. Η επιλογή του δείγματος έγινε από χώρους εκγύμνασης Crossfit της Αττικής. Άτομα με οποιοδήποτε ιατρικό θέμα που δεν τους επέτρεπε να εκτελέσουν τις ασκήσεις του προπονητικού προγράμματος στο 100% των δυνατοτήτων τους απορρίφθηκαν. Η συστηματική λήψη συμπληρωμάτων έγινε αποδεκτή υπό συνθήκες. Πιο συγκεκριμένα, η κατανάλωση συμπληρωμάτων πρωτεΐνης, αμινοξέων, υδατανθράκων και κρεατίνης ήταν αποδεκτή, εφόσον είχαν περάσει τουλάχιστον δέκα μέρες από την διακοπή της λήψης της. Οι εθελοντές που κατανάλωναν σκευάσματα καφεΐνης, “guarana”, εφεδρίνης, καθώς και οποιαδήποτε άλλης διεγερτικής ουσίας, απορρίπτονταν, εκτός και αν ήταν σύμφωνοι να διακόψουν την λήψη της καφεΐνης ή των διεγερτικών ουσιών, για τουλάχιστον δύο εβδομάδες ή μια εβδομάδα πριν από την συμμετοχή στην μελέτη, αντίστοιχα.

2.2. Πειραματικός σχεδιασμός

Πρόκειται για τυχαιοποιημένη, διπλά τυφλή, διασταυρούμενη μελέτη. Οι εθελοντές πραγματοποίησαν σε δύο διαφορετικές συνθήκες, με απόσταση τουλάχιστον επτά ημερών μεταξύ τους, σε τυχαία και ισοσταθισμένη σειρά, ένα προπονητικό πρόγραμμα Crossfit. Στη μία συνθήκη έλαβαν 60 λεπτά πριν από την έναρξη του προγράμματος $7,1 \pm 0,7$ mg/kg σωματικού βάρους άνυδρης καφεΐνης (δισκία Pure Caffeine της Myprotein) και στην άλλη συνθήκη έλαβαν ίση ποσότητα βιοτίνης (δισκία BIOTIN της Myprotein) ως εικονικό σκεύασμα. Και στις δύο συνθήκες οι εθελοντές έλαβαν τον ίδιο αριθμό από κάψουλες. Οι κάψουλες διέφεραν ως προς το σχήμα και το μέγεθος. Για αυτόν τον λόγο οι εθελοντές είχαν ενημερωθεί ότι θα λάβουν διαφορετικά σκευάσματα καφεΐνης.

2.3. Περιγραφή μετρήσεων και όργανα μέτρησης

2.3.1. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά

Κατά τη διάρκεια της μελέτης πραγματοποιήθηκαν μέτρηση ύψους και βάρους, καθώς και ανάλυση σύστασης σώματος. Πιο συγκεκριμένα, η μέτρηση του ύψους πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του ψηφιακού αναστημόμετρου της Soehnle 5003, ενώ η μέτρηση του βάρους και η ανάλυση σύστασης σώματος με την χρήση της ζυγαριάς-αναλυτή σύστασης σώματος Inbody 270. Για την πραγματοποίηση της λιπομέτρησης τηρήθηκε συγκεκριμένο πρωτόκολλο προετοιμασίας, το οποίο στάλθηκε σε ηλεκτρονική μορφή σε όλους τους εθελοντές (βλ. Παράρτημα 1). Η λιπομέτρηση πραγματοποιήθηκε με όσο το δυνατό ελαφρότερη ενδυμασία, ύστερα από αφαίρεση πιθανών μεταλλικών αντικειμένων, και με στεγνές και καθαρές πατούσες και παλάμες.

2.3.2. Εκτίμηση μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_2max) και μέτρηση μέγιστης καρδιακής συχνότητας

Προκειμένου να εκτιμηθεί η VO_2max , οι εθελοντές πραγματοποίησαν δοκιμασία παλίνδρομου τρεξίματος 20 μέτρων (Leger, Mercier, Gadoury, & Lambert, 1988; Paliczka, Nichols, & Boreham, 1987). Κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας οι εθελοντές φορούσαν ζώνη μέτρησης καρδιακής συχνότητας (Polar H10), ώστε να γίνει καταγραφή της μέγιστης καρδιακής συχνότητας. Η διαδικασία του παλίνδρομου τρεξίματος είχε ως εξής: Οι εθελοντές έτρεξαν παλίνδρομα όσες περισσότερες φορές μπορούσαν μια απόσταση 20 μέτρων, η οποία είχε μετρηθεί με μετροταινία και είχε οριοθετηθεί με χρήση κώνων και αυτοκόλλητης ταινίας. Η ταχύτητα τρεξίματος αυξανόταν περίπου κάθε 1 λεπτό. Ξεκινούσε από τα 8 km/h, έπειτα αυξανόταν στα 9 km/h και από εκεί και μετά αυξανόταν κατά 0,5 km/h κάθε λεπτό. Η ταχύτητα τρεξίματος καθοριζόταν από ηχητικά σήματα και στόχος ήταν οι εθελοντές να διατηρούν σε κάθε στάδιο την ταχύτητα που καθοριζόταν από τα σήματα. Οι εθελοντές κατά την έναρξη ξεκινούσαν με το ένα πόδι πίσω από την γραμμή, έτρεχαν στην ευθεία και, όταν έφταναν στο άλλο άκρο, έπρεπε να πατήσουν την γραμμή και να αλλάξουν φορά μέχρι να ακουστεί το επόμενο ηχητικό σήμα. Για την αλλαγή της φοράς είχε δοθεί ως συμβουλή να στρίβουν αμέσως και επιτόπου, αποφεύγοντας μεγάλες και ανοιχτές στροφές. Αν έφταναν πριν ακουστεί το επόμενο σήμα, ξεκουράζονταν μέχρι να δοθεί σήμα να ξεκινήσουν και πάλι. Αν δεν έφταναν την

γραμμή μέχρι να ακουστεί το ηχητικό σήμα, δέχονταν προειδοποίηση και έπρεπε να συνεχίσουν να τρέχουν μέχρι την γραμμή, έπειτα να γυρίσουν και να προσπαθήσουν να ολοκληρώσουν την διαδρομή προς τα πίσω μεταξύ των δύο ηχητικών σημάτων. Στην δεύτερη προειδοποίηση η διαδικασία τερματιζόταν. Εναλλακτικά, η διαδικασία τερματιζόταν όταν οι εθελοντές δεν ήταν πλέον σε θέση να ακολουθήσουν τον ρυθμό που οριζόταν από τα ηχητικά σήματα. Το σκορ του κάθε εθελοντή ήταν ο αριθμός των διαδρομών των 20 μέτρων που έφτασε μέχρι να μην μπορεί να ακολουθήσει τον υπαγορευόμενο ρυθμό. Η VO_2max εκτιμήθηκε μέσω πίνακα που αντιστοιχίζει το σκορ κάθε εθελοντή, ανάλογα με την ηλικία του, σε συγκεκριμένη τιμή μέγιστης κατανάλωσης οξυγόνου (ml/kg/min) και έπειτα αξιολογούσε την καρδιαναπνευστική του ικανότητα ως πολύ χαμηλή, χαμηλή, ικανοποιητική, μέτρια, καλή, πολύ καλή ή εξαιρετική (Leger et al., 1988; TopendSports, 2022).

Ο κάθε εθελοντής προσήλθε πρωινή ώρα είτε στο κλειστό δημοτικό γυμναστήριο «Στέφανος Καράλης» στον Βύρωνα, είτε στο δημοτικό στάδιο Υμηττού, αναλόγως με το τι επέτρεπαν οι καιρικές συνθήκες. Πριν από την έναρξη του παλίνδρομου τρέξιματος πραγματοποιούταν προθέρμανση (τρέξιμο σε χαμηλή ταχύτητα για 5 λεπτά, επιτόπιο τρέξιμο με γόνατα ψηλά και φτέρνες πίσω, περιστροφές χεριών προς τα πίσω και προς τα εμπρός, στροφές κορμού, επαναλήψεις για δυναμική ενεργοποίηση γλουτού-απιοειδούς μυός, αιωρήσεις ποδιών μπρος-πίσω και στο πλάι, περπάτημα με προβολές, δυναμική διάταση οπίσθιων μηριαίων και κατακόρυφες ανυψώσεις γάμπας). Έπειτα, οι εθελοντές ολοκλήρωναν το πρώτο επίπεδο της δοκιμασίας προκειμένου να εξοικειωθούν με την διαδικασία της μέτρησης και μετά από 2-3 λεπτά ανάπαυσης πραγματοποιούσαν το παλίνδρομο τρέξιμο.

Προκειμένου να πραγματοποιήσουν τη δοκιμασία, οι εθελοντές έλαβαν ηλεκτρονικά οδηγίες για την κατάλληλη προετοιμασία (βλ. Παράρτημα 2). Πριν την συμμετοχή στο παλίνδρομο τρέξιμο οι εθελοντές ερωτήθηκαν αν ακολούθησαν τις οδηγίες για την προετοιμασία και όλοι επιβεβαίωσαν ότι είχαν τηρήσει τις οδηγίες που τους είχαν δοθεί.

2.3.3. Προπονητική συνεδρία Crossfit

Η προπονητική συνεδρία Crossfit που πραγματοποίησαν οι εθελοντές ήταν η εξής: πέντε ασκήσεις (50 s άσκηση/10 s διάλειμμα) επί τέσσερις γύρους με στόχο τη σωστή

εκτέλεση των περισσότερων δυνατών επαναλήψεων σε κάθε άσκηση. Οι πέντε ασκήσεις του προγράμματος ήταν: κάμψεις και εκτάσεις των αγκώνων, επολέ, ημικαθίσματα, διπλώσεις του κορμού (κοιλιακοί) και άρσεις θανάτου. Τα ημικαθίσματα, τα επολέ και οι άρσεις θανάτου πραγματοποιήθηκαν με εξωτερική επιβάρυνση που αντιστοιχούσε περίπου στο 50%, 40% και 60% του σωματικού βάρους, αντίστοιχα. Η εκτέλεση των ημικαθισμάτων έγινε με εμπροσθολαΐμια λαβή μπάρας.

2.3.4. Πειραματική διαδικασία

Για την πραγματοποίηση του πειράματος οι εθελοντές προσέρχονταν σε προγραμματισμένες ώρες σε κλειστό στούντιο εκγύμνασης, έχοντας ακολουθήσει συγκεκριμένες οδηγίες προετοιμασίας, τις οποίες είχαν λάβει ηλεκτρονικά (βλ. Παράρτημα 3). Οι μετρήσεις στις δυο πειραματικές συνθήκες πραγματοποιήθηκαν σε όμοια ώρα της ημέρας και με παρόμοιες περιβαλλοντικές συνθήκες για κάθε εθελοντή. Μετά από μέτρηση του βάρους οι εθελοντές λάμβαναν είτε τις κάψουλες καφεΐνης είτε τις κάψουλες βιοτίνης και έπειτα από 40 λεπτά ξεκινούσαν την προθέρμανση, ώστε το προπονητικό πρόγραμμα να αρχίσει στα 60 λεπτά από την λήψη του συμπληρώματος. Πριν την έναρξη της προθέρμανσης πραγματοποιούταν μέτρηση της συγκέντρωσης του γαλακτικού με την χρήση του αυτόματου μετρητή γαλακτικού Lactate Scout 4 (EKF Diagnostics). Μετά την προθέρμανση οι εθελοντές ξεκουράζονταν για 3 λεπτά και έπειτα ξεκινούσαν την προπονητική συνεδρία. Οι εθελοντές είχαν λάβει οδηγία να εκτελούν τις επαναλήψεις ακολουθώντας τον ρυθμό που υποδείκνυε συγκεκριμένη μουσική υπόκρουση (75 χτύποι ανά λεπτό), προκειμένου να επιτευχθεί σταθερός και ίδιος ρυθμός στις δύο συνθήκες. Οι μη σωστές εκτελέσεις των ασκήσεων δεν λαμβάνονταν υπόψιν. Στο τέλος κάθε γύρου των πέντε ασκήσεων, γινόταν καταγραφή της υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης με την χρήση της κλίμακας Borg, ενώ περίπου ένα λεπτό μετά το τέλος της προπόνησης γινόταν ξανά μέτρηση του γαλακτικού. Επιπλέον, αμέσως μετά την ολοκλήρωση του προπονητικού προγράμματος οι εθελοντές έδιναν πληροφορίες για πιθανές παρενέργειες (ταχυκαρδία, αίσθημα παλμών, αίσθημα ανησυχίας/δυσφορίας, πονοκέφαλο, ζαλάδα, γαστρεντερικές διαταραχές κλπ.). Καθ' όλη την διάρκεια της προπόνησης γινόταν μέτρηση της καρδιακής συχνότητας με τη χρήση ζώνης Polar H10. Η καταγραφή της καρδιακής συχνότητας ξεκινούσε από την φάση της προθέρμανσης και διαρκούσε μέχρι και τρία λεπτά μετά το πέρας της προπονητικής συνεδρίας. Πριν την

εκτέλεση του προγράμματος Crossfit σε κάθε συνθήκη, οι εθελοντές ερωτήθηκαν αν ακολούθησαν τις οδηγίες για την προετοιμασία και όλοι επιβεβαίωσαν ότι είχαν τηρήσει τις οδηγίες που τους είχαν δοθεί.

Οι εθελοντές, τουλάχιστον μία με δύο εβδομάδες πριν πραγματοποιήσουν το προπονητικό πρόγραμμα στις δυο συνθήκες, το είχαν ήδη εκτελέσει μια φορά προκειμένου να εξοικειωθούν με αυτό.

2.3.5. Εκτίμηση συνήθους κατανάλωσης καφεΐνης

Προκειμένου να εκτιμηθεί η συνήθης κατανάλωση καφεΐνης, ζητήθηκε από τους εθελοντές να απαντήσουν μέσω συνέντευξης σε ερωτηματολόγιο που διερευνούσε την τυπική κατανάλωση συγκεκριμένων τροφίμων και ροφημάτων με καφεΐνη για το διάστημα του τελευταίου μήνα πριν τη συμμετοχή στη μελέτη. Πιο συγκεκριμένα, εκτιμήθηκε η κατανάλωση καφέ [συχνότητα κατανάλωσης, είδος, ποσότητα, δόση (μονή ή διπλή), με καφεΐνη ή χωρίς), τσαγιού (συχνότητα κατανάλωσης, είδος, ποσότητα, χρήση χύμα τσαγιού ή εμβαπτιζόμενου), κακάο (συχνότητα κατανάλωσης, ποσότητα), σοκολατούχου γάλακτος (συχνότητα κατανάλωσης, σπιτικό ή εμπορίου, ποσότητα), ροφήματος σοκολάτας (συχνότητα κατανάλωσης, σπιτική ή έτοιμη, ποσότητα), ενεργειακού ποτού (συχνότητα κατανάλωσης, ποσότητα, εμπορική ονομασία), αναψυκτικών τύπου cola (συχνότητα κατανάλωσης, ποσότητα, εμπορική ονομασία, με καφεΐνη ή χωρίς), σοκολάτας [συχνότητα κατανάλωσης, είδος (γάλακτος ή μαύρη), ποσότητα] και σοκολατούχων τροφίμων [συχνότητα κατανάλωσης, είδος προϊόντος (π.χ. μπισκότα ή κέικ με σοκολάτα, ποσότητα)]. Επιπλέον, οι εθελοντές ερωτήθηκαν για την λήψη φαρμάκων (στο πλαίσιο της λήψης ιατρικού ιστορικού), ώστε να διερευνηθεί αν λαμβάνουν αγωγή που περιέχει καφεΐνη.

2.3.6. Λήψη ιατρικού ιστορικού

Μέσω προσωπικής συνέντευξης συλλέχθηκαν πληροφορίες σχετικά με το ιατρικό ιστορικό των εθελοντών (ύπαρξη καρδιαγγειακών νοσημάτων, υπέρτασης, υπότασης, σακχαρώδους διαβήτη τύπου I ή τύπου II, κακοήθους ασθένειας, γαστρεντερικών προβλημάτων, αυτοάνοσων νοσημάτων, μυοσκελετικών προβλημάτων, μυοσκελετικών τραυματισμών ή οποιουδήποτε άλλου θέματος υγείας) και τις καπνιστικές τους

συνήθειες. Επιπρόσθετα, οι εθελοντές ερωτήθηκαν αν λαμβάνουν κάποια φαρμακευτική αγωγή ή κάποιο συμπλήρωμα διατροφής.

2.3.7. Πρόσθετες πληροφορίες

Μεταξύ των οδηγιών που έλαβαν οι εθελοντές προκειμένου να περιορισθούν οι παράμετροι που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την απόδοση στις δύο πειραματικές συνθήκες ήταν και η λεπτομερής καταγραφή ημερολογίου διατροφής τις δύο τελευταίες ημέρες πριν την συμμετοχή τους στην πρώτη πειραματική συνθήκη, με στόχο την ακριβή επανάληψή του πριν τη δεύτερη. Οι εθελοντές παρέδωσαν τα διατροφικά ημερολόγια αφότου ολοκλήρωσαν την συμμετοχή τους στην μελέτη. Επιπλέον, πριν από την συμμετοχή σε καθεμία από τις δύο πειραματικές συνθήκες, οι εθελοντές απάντησαν σε ερωτήσεις σχετικά με την διάρκεια και την ποιότητα του ύπνου τους τις τελευταίες δύο ημέρες (πολύ κακή, κακή, μέτρια, καλή, πολύ καλή), καθώς και την διάθεσή τους για την εκτέλεση της άσκησης σε μια κλίμακα από το 0 (καθόλου διάθεση) έως 10 (πάρα πολύ έντονη διάθεση).

2.3.8. Βιοηθική

Η μελέτη εγκρίθηκε από την επιτροπή Ηθικής και Δεοντολογίας της Έρευνας του ΤΕΦΑΑ του Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης (αριθμός πρωτοκόλλου ΔΠΘ/ΕΗΔΕ/18605/118). Οι εθελοντές, πριν την συμμετοχή τους στην μελέτη, έλαβαν και υπέγραψαν λεπτομερές έντυπο πληροφόρησης και συγκατάθεσης (βλ. Παράρτημα 4).

2.4. Στατιστική ανάλυση

Η λήψη καφεΐνης κι ο γύρος ή (στην περίπτωση του γαλακτικού) ο χρόνος αποτέλεσαν τις ανεξάρτητες μεταβλητές, ενώ η απόδοση στο πρόγραμμα άσκησης, η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης και η συγκέντρωση του γαλακτικού τις εξαρτημένες μεταβλητές. Ως απόδοση ορίστηκε ο συνολικός αριθμός των επαναλήψεων που πραγματοποίησαν οι εθελοντές στο πρόγραμμα Crossfit, οι επαναλήψεις των ασκήσεων ανά γύρο και οι επαναλήψεις κάθε επιμέρους άσκησης ανά γύρο. Για τη σύγκριση των εξαρτημένων μεταβλητών που προσδιορίζονταν σε κάθε γύρο χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (λήψη καφεΐνης x γύρος) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις και στους δύο παράγοντες. Για τον εντοπισμό στατιστικά σημαντικών

ζευγαρωτών διαφορών όπου βρισκόταν σημαντική αλληλεπίδραση ή κύρια επίδραση εφαρμόστηκε η δοκιμασία t του Student για ζευγαρωτές παρατηρήσεις με διόρθωση κατά Bonferroni για τις πολλαπλές συγκρίσεις. Για τη σύγκριση των εξαρτημένων μεταβλητών που αφορούν συνολικά τη συνεδρία χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία t του Student για ζευγαρωτές παρατηρήσεις. Η καρδιακή συχνότητα εκφράστηκε σε σχετικές ως προς την μέγιστη τιμές. Τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέση τιμή ± τυπική απόκλιση. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0,05$. Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πρόγραμμα SPSS 18.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Περιγραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα βασικά περιγραφικά χαρακτηριστικά του υπό μελέτη δείγματος. Η καρδιαναπνευστική ικανότητα των εθελοντών, όπως προέκυψε από την εκτίμηση της VO_{2max} , αξιολογήθηκε ως καλή για το 42%, πολύ καλή για το 17%, μέτρια για το 17% και χαμηλή για το 25%. Τέλος, το 67% των εθελοντών κατανάλωνε κάποιο συμπλήρωμα διατροφής (πρωτεΐνη, αμινοξέα, ω3 λιπαρά οξέα ή γλουταμίνη).

Πίνακας 1. Βασικά περιγραφικά χαρακτηριστικά του υπό μελέτη δείγματος

N	12
Ηλικία (έτη)	29,2 ± 3,8
Βάρος (kg)	80,1 ± 7,6
Ύψος (cm)	175 ± 5
ΔΜΣ (kg/m ²)	26,3 ± 2
ΣΛ (%)	14,4 ± 4,9
Μυϊκή μάζα (kg)	39,3 ± 3,8
Έτη ενασχόλησης με το Crossfit	4,9 ± 1,9
Ημερήσια κατανάλωση καφεΐνης (mg)	136 ± 97
VO_{2max} (ml/kg/min)	43,1 ± 4,9
Μη καπνιστές	12 (100%)

Τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέση τιμή ± τυπική απόκλιση

3.2. Απόδοση στο πρόγραμμα Crossfit

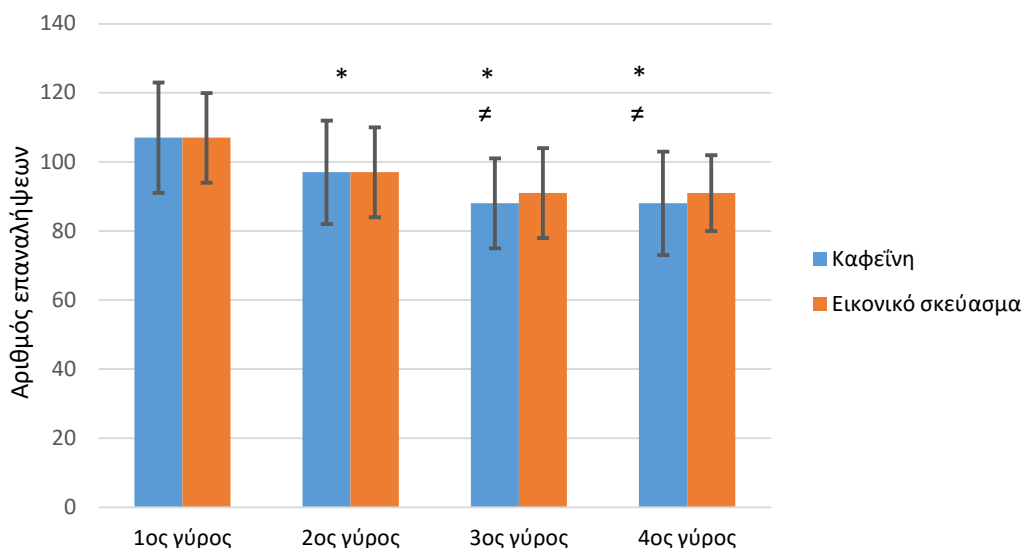
3.2.1. Συνολικές επαναλήψεις ασκήσεων

Από την εφαρμογή της δοκιμασίας *t* δεν αναδείχθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συνολικές επαναλήψεις των ασκήσεων στο πρόγραμμα Crossfit μεταξύ των

συνθηκών κατανάλωσης καφεΐνης και εικονικού σκευάσματος (381 ± 56 και 386 ± 48 αντίστοιχα, $t_{11} = 0,60$, $p = 0,56$).

3.2.2. Συνολικές επαναλήψεις ασκήσεων ανά γύρο

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ της κατανάλωσης καφεΐνης και των γύρων του προγράμματος άσκησης [$F(3, 33) = 2,62$, $p = 0,67$] στις συνολικές επαναλήψεις ανά γύρο. Όσον αφορά τις κύριες επιδράσεις, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση της κατανάλωσης καφεΐνης [$F(1, 11) = 0,36$, $p = 0,56$], ενώ αντίθετα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των γύρων του προγράμματος άσκησης [$F(3, 33) = 41,01$, $p < 0,001$]. Σημαντική διαφορά εντοπίστηκε μεταξύ όλων των γύρων εκτός μεταξύ 3^{ου} και 4^{ου}. Οι συνολικές επαναλήψεις ανά γύρο ήταν, διαδοχικά, 107 ± 4 , 97 ± 4 και 90 ± 3 (Σχήμα 1).

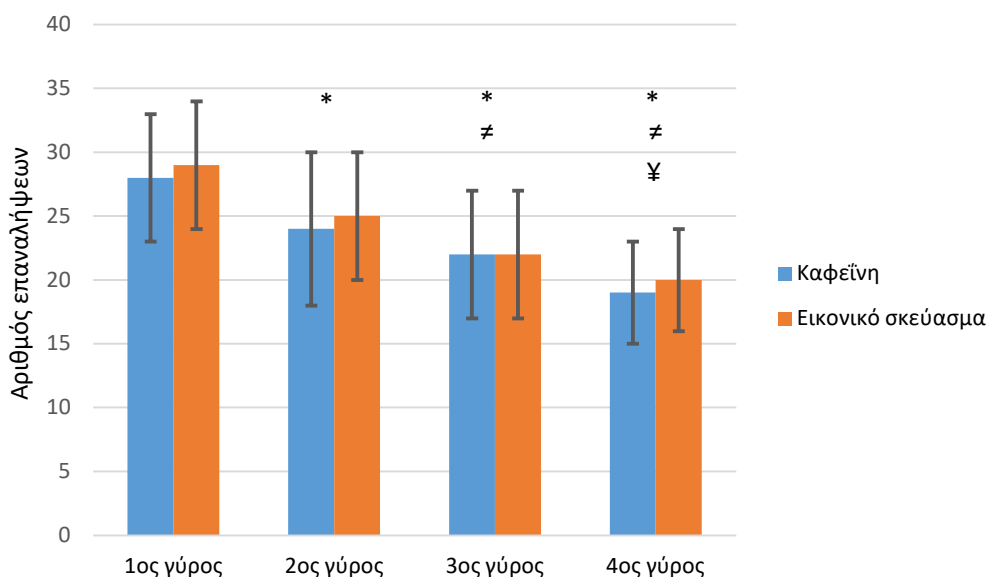


Σχήμα 1. Συνολικές επαναλήψεις ανά γύρο του προγράμματος Crossfit (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση) ύστερα από κατανάλωση καφεΐνης και ύστερα από κατανάλωση εικονικού σκευάσματος. * $p < 0,001$ σε σύγκριση με τον 1ο γύρο, $\neq p < 0,001$ σε σύγκριση με τον 2ο γύρο.

3.2.3. Επαναλήψεις στην άσκηση των κάμψεων και εκτάσεων αγκώνων

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ της κατανάλωσης καφεΐνης και των γύρων του προγράμματος άσκησης [$F(3, 33) = 0,16$, $p = 0,77$] στις επαναλήψεις στην άσκηση των κάμψεων και εκτάσεων αγκώνων. Όσον αφορά τις κύριες επιδράσεις, δεν διαπιστώθηκε

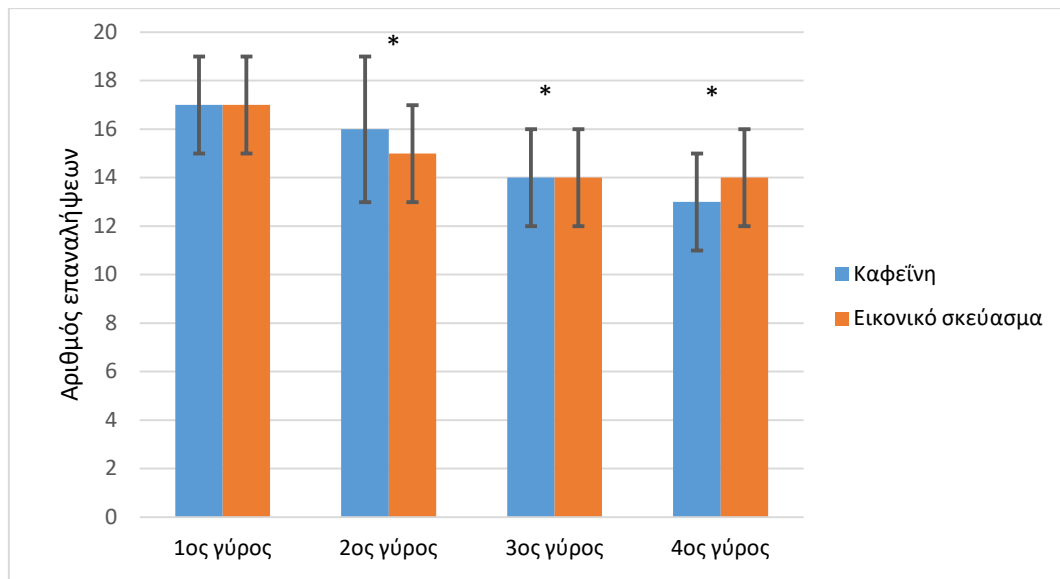
στατιστικά σημαντική επίδραση της κατανάλωσης καφεΐνης [$F(1, 11)= 0,31, p= 0,59$], ενώ αντίθετα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των γύρων του προγράμματος άσκησης [$F(3, 33)= 57,29, p < 0,001$], η οποία εντοπίστηκε μεταξύ όλων των γύρων. Οι επαναλήψεις κάμψεων και εκτάσεων αγκώνων ανά γύρο ήταν, διαδοχικά, $28 \pm 1, 25 \pm 2, 22 \pm 1$ και 20 ± 1 (Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Επαναλήψεις στην άσκηση των κάμψεων και εκτάσεων αγκώνων ανά γύρο του προγράμματος Crossfit (μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση) ύστερα από κατανάλωση καφεΐνης και ύστερα από κατανάλωση εικονικού σκευάσματος (* υποδεικνύει $p < 0,001$ σε σύγκριση με τον 1ο γύρο, \neq υποδεικνύει $p < 0,001$ σε σύγκριση με τον 2ο γύρο, ¥ υποδεικνύει $p < 0,001$ σε σύγκριση με τον 3ο γύρο).

3.2.4. Επαναλήψεις στην άσκηση του επολέ

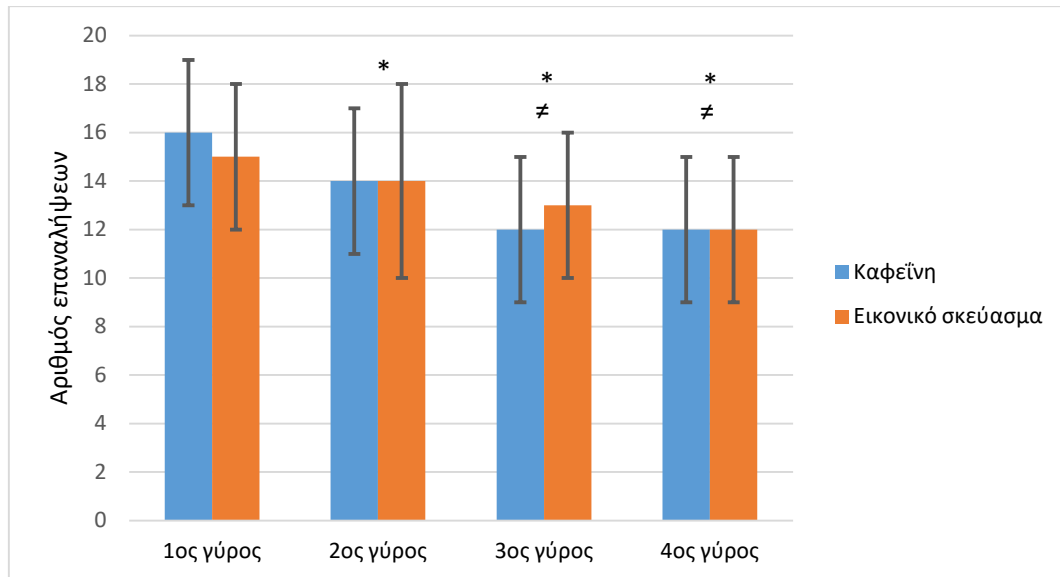
Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ της κατανάλωσης καφεΐνης και των γύρων του προγράμματος άσκησης [$F(3, 33)= 1,03, p= 0,39$] στις επαναλήψεις στην άσκηση του επολέ. Όσον αφορά τις κύριες επιδράσεις, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση της κατανάλωσης καφεΐνης [$F(1, 11)= 0,06, p= 0,81$], ενώ αντίθετα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των γύρων του προγράμματος άσκησης [$F(3, 33)= 19,28, p < 0,001$], η οποία εντοπίστηκε μεταξύ του πρώτου και των υπόλοιπων γύρων. Οι επαναλήψεις στην άσκηση του επολέ ανά γύρο ήταν, διαδοχικά, $17 \pm 1, 15 \pm 1, 14 \pm 0,5$ και $14 \pm 0,5$ (Σχήμα 3).



Σχήμα 3. Επαναλήψεις στην άσκηση του επολέ ανά γύρο του προγράμματος Crossfit (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση) ύστερα από κατανάλωση καφεΐνης και ύστερα από κατανάλωση εικονικού σκευάσματος (* υποδεικνύει $p < 0,001$ σε σύγκριση με τον 1ο γύρο).

3.2.5. Επαναλήψεις στην άσκηση του ημικαθίσματος

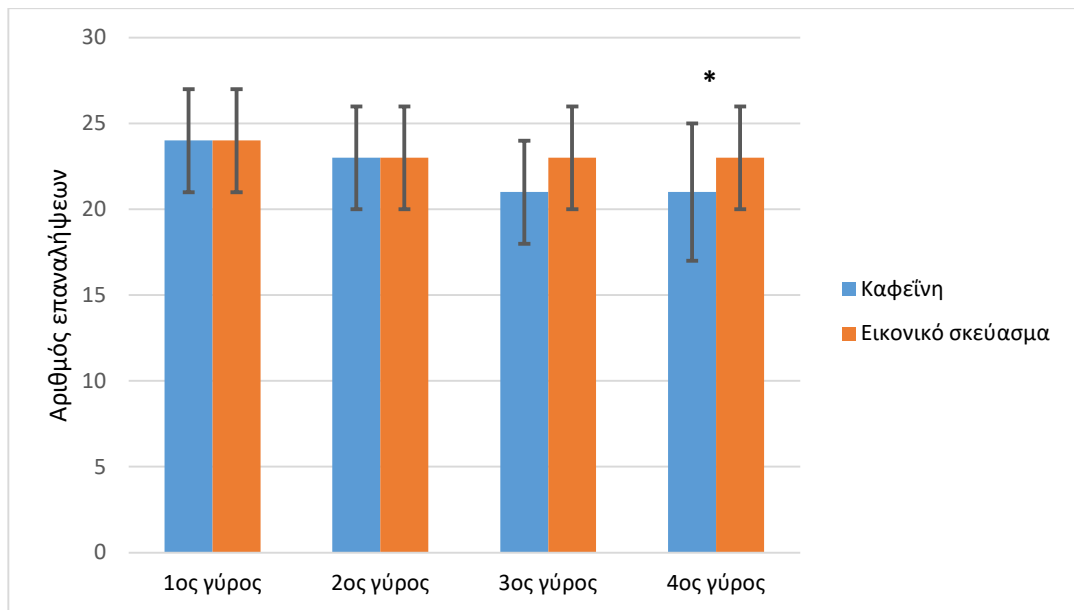
Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ της κατανάλωσης καφεΐνης και των γύρων του προγράμματος άσκησης [$F(3, 33) = 1,48, p = 0,24$] στις επαναλήψεις στην άσκηση του ημικαθίσματος. Όσον αφορά τις κύριες επιδράσεις, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση της κατανάλωσης καφεΐνης [$F(1, 11) = 0,01, p = 0,92$], ενώ αντίθετα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των γύρων του προγράμματος άσκησης [$F(3, 33) = 31,58, p < 0,001$], η οποία εντοπίστηκε μεταξύ όλων των γύρων εκτός μεταξύ 3^{ου} και 4^{ου}. Οι επαναλήψεις στην άσκηση του ημικαθίσματος ανά γύρο ήταν, διαδοχικά, $16 \pm 1, 14 \pm 1, 13 \pm 1$ και 12 ± 1 (Σχήμα 4).



Σχήμα 4. Επαναλήψεις στην άσκηση του ημικαθίσματος ανά γύρο του προγράμματος Crossfit (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση) ύστερα από κατανάλωση καφεΐνης και ύστερα από κατανάλωση εικονικού σκευάσματος (* υποδεικνύει $p < 0,001$ σε σύγκριση με τον 1ο γύρο, \neq υποδεικνύει $p < 0,001$ σε σύγκριση με τον 2ο γύρο).

3.2.6. Επαναλήψεις στην άσκηση των διπλώσεων κορμού

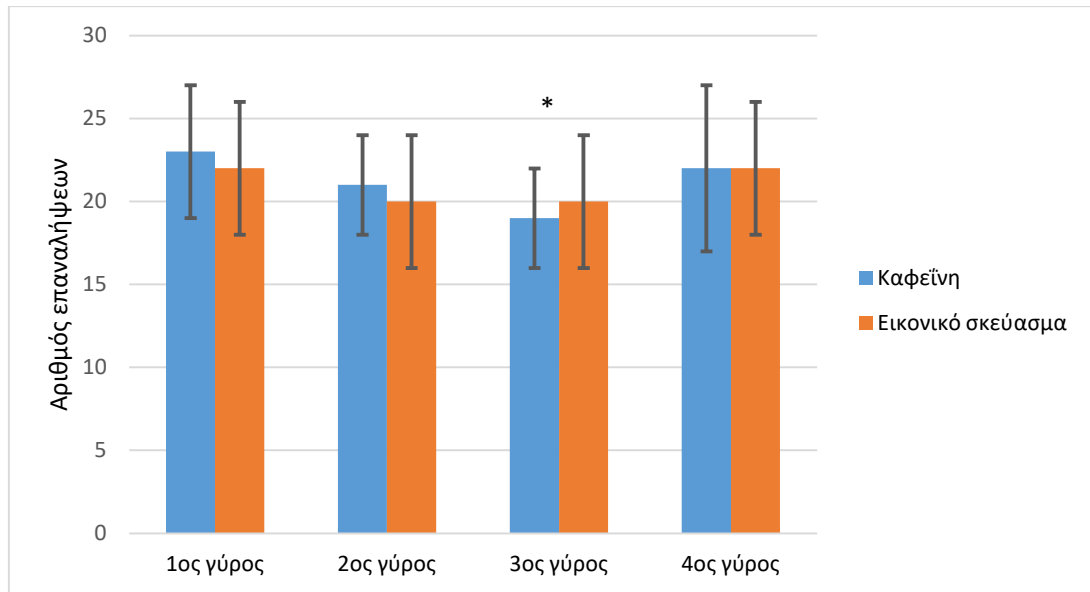
Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ της κατανάλωσης καφεΐνης και των γύρων του προγράμματος άσκησης [$F(3, 33) = 4,24, p = 0,01$] στις επαναλήψεις στην άσκηση των διπλώσεων κορμού. Αναλύοντας την αλληλεπίδραση για τον κάθε γύρο του προγράμματος άσκησης διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση της κατανάλωσης καφεΐνης μόνο στον τέταρτο γύρο [$F(1, 11) = 6,77, p = 0,03$]. Συγκεκριμένα, φάνηκε ότι οι επαναλήψεις στην άσκηση των διπλώσεων κορμού στον τέταρτο γύρο ήταν στατιστικά σημαντικά λιγότερες στην συνθήκη της κατανάλωσης καφεΐνης (21 ± 4) σε σύγκριση με την κατανάλωση εικονικού σκευάσματος (23 ± 3) (Σχήμα 5). Να σημειωθεί ότι η επίδραση της κατανάλωσης καφεΐνης στον τρίτο γύρο ήταν οριακά στατιστικά σημαντική [$F(1, 11) = 4,77, p = 0,05$], με τις επαναλήψεις των διπλώσεων κορμού να είναι οριακά λιγότερες (21 ± 3) κατά την κατανάλωση καφεΐνης σε σύγκριση με την κατανάλωση εικονικού σκευάσματος (23 ± 3).



Σχήμα 5. Επαναλήψεις στην άσκηση των διπλώσεων κορμού ανά γύρο του προγράμματος Crossfit ύστερα από κατανάλωση καφεΐνης (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση) και ύστερα από κατανάλωση εικονικού σκευάσματος (* υποδεικνύει $p < 0,05$ μεταξύ κατανάλωσης καφεΐνης και κατανάλωσης εικονικού σκευάσματος).

3.2.7. Επαναλήψεις στην άσκηση των άρσεων θανάτου

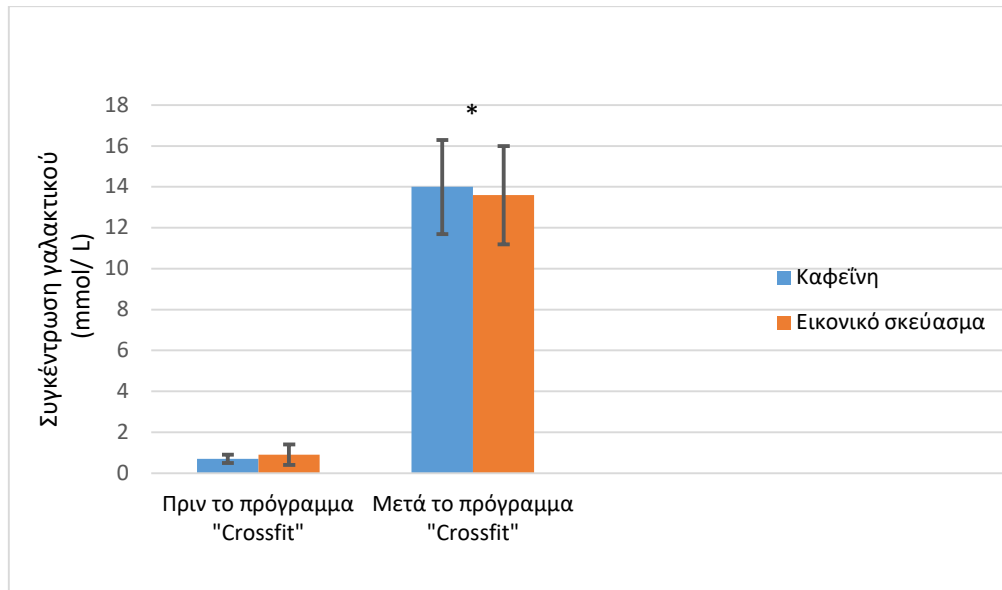
Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ της κατανάλωσης καφεΐνης και των γύρων του προγράμματος άσκησης [$F(3, 33) = 0,86, p = 0,47$] στις επαναλήψεις στην άσκηση των άρσεων θανάτου. Όσον αφορά τις κύριες επιδράσεις, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση της κατανάλωσης καφεΐνης [$F(1, 11) = 0,04, p = 0,85$], ενώ αντίθετα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των γύρων του προγράμματος άσκησης [$F(3, 33) = 8,34, p = 0,003$], η οποία εντοπίστηκε μεταξύ του τρίτου και όλων των υπόλοιπων γύρων. Οι επαναλήψεις άρσεων θανάτου ανά γύρο ήταν, διαδοχικά, $22 \pm 1, 21 \pm 1, 19 \pm 1$ και 22 ± 1 (Σχήμα 6).



Σχήμα 6. Επαναλήψεις στην άσκηση άρσεων θανάτου ανά γύρο του προγράμματος Crossfit (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση) ύστερα από κατανάλωση καφεΐνης και ύστερα από κατανάλωση εικονικού σκευάσματος (* υποδεικνύει $p < 0,05$ σε σύγκριση με τους γύρους της άσκησης).

3.3. Συγκέντρωση γαλακτικού αίματος

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ της κατανάλωσης καφεΐνης και του χρόνου [$F(1, 11) = 0,68, p = 0,43$] στην συγκέντρωση του γαλακτικού του αίματος. Όσον αφορά τις κύριες επιδράσεις, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση της κατανάλωσης καφεΐνης [$F(1, 11) = 0,17, p = 0,69$], ενώ αντίθετα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του χρόνου [$F(1, 11) = 519,18, p < 0,001$]. Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση του γαλακτικού αυξήθηκε από $0,8 \pm 0,1$ mmol/L στην ηρεμία σε $13,8 \pm 0,6$ mmol/L μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος άσκησης (Σχήμα 7).

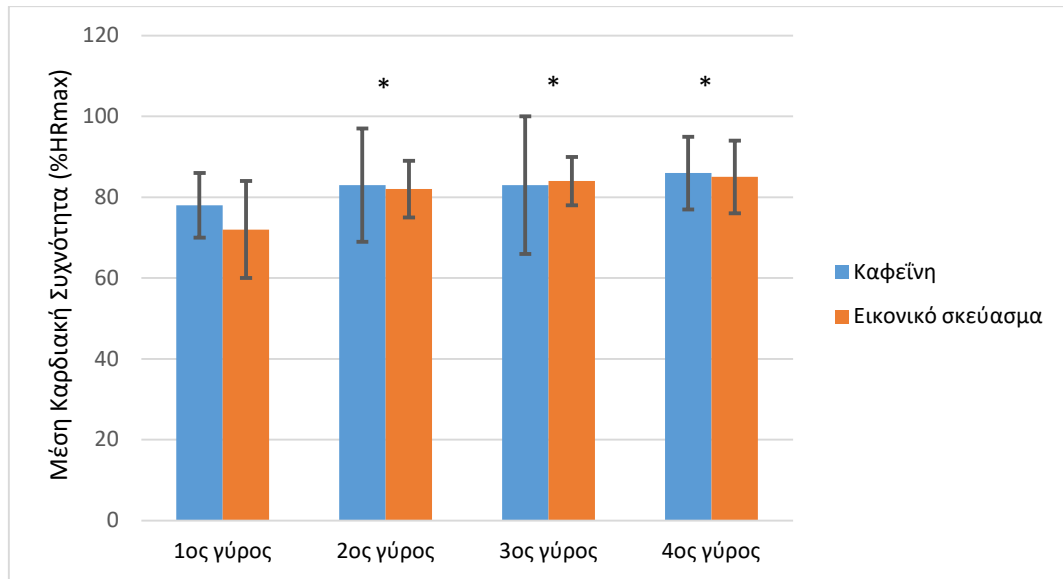


Σχήμα 7. Συγκεντρώσεις γαλακτικού πριν και μετά το πρόγραμμα Crossfit (μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση) ύστερα από κατανάλωση καφεΐνης και ύστερα από κατανάλωση εικονικού σκεύασματος (* υποδεικνύει $p < 0,05$ πριν και μετά το πέρας της άσκησης).

3.4. Καρδιακή Συχνότητα

3.4.1. Μέση καρδιακή συχνότητα

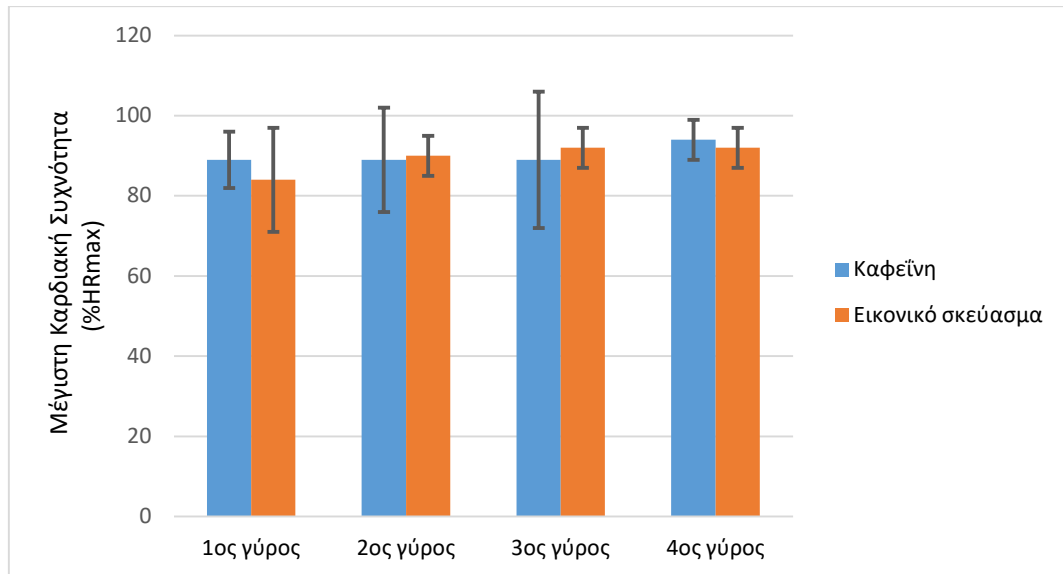
Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ της κατανάλωσης καφεΐνης και των γύρων του προγράμματος άσκησης [$F(3, 33) = 2,16, p = 0,16$] στη μέση καρδιακή συχνότητα. Όσον αφορά τις κύριες επιδράσεις, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση της κατανάλωσης καφεΐνης [$F(1, 11) = 0,49, p = 0,50$], ενώ αντίθετα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των γύρων του προγράμματος άσκησης [$F(3, 33) = 19,24, p < 0,001$], η οποία εντοπίστηκε μόνο μεταξύ του πρώτου γύρου και όλων των υπόλοιπων γύρων. Η μέση τιμή καρδιακής συχνότητας ανά γύρο ήταν, διαδοχικά, 75 ± 3 , $82 \pm 3\%$, $84 \pm 3\%$ και $86 \pm 2\%$ (Σχήμα 8).



Σχήμα 8. Σχετική τιμή μέσης καρδιακής συχνότητας ανά γύρο του προγράμματος Crossfit (μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση) ύστερα από κατανάλωση καφεΐνης και ύστερα από κατανάλωση εικονικού σκευάσματος (* υποδεικνύει $p < 0,05$ σε σύγκριση με τον 1ο γύρο).

3.4.2. Μέγιστη καρδιακή συχνότητα

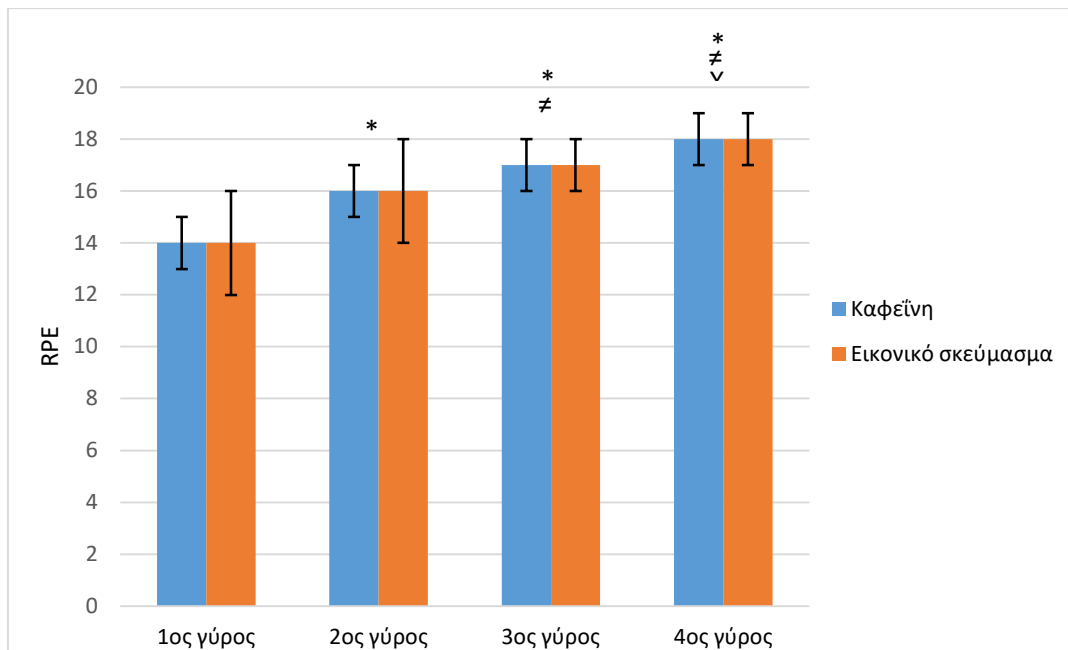
Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ της κατανάλωσης καφεΐνης και των γύρων του προγράμματος άσκησης [$F(3, 33) = 1,96, p = 0,18$] στη μέγιστη καρδιακή συχνότητα. Όσον αφορά τις κύριες επιδράσεις, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση της κατανάλωσης καφεΐνης [$F(1, 11) = 0,07, p = 0,80$] ή των γύρων του προγράμματος άσκησης [$F(3, 33) = 3,49, p = 0,06$] (Σχήμα 9).



Σχήμα 9. Σχετική τιμή μέγιστης καρδιακής συχνότητας ανά γύρο του προγράμματος Crossfit (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση) ύστερα από κατανάλωση καφεΐνης και ύστερα από κατανάλωση εικονικού σκευάσματος.

3.5. Υποκειμενική αντίληψη κόπωσης

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένα δείγματα δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ της κατανάλωσης καφεΐνης και των γύρων του προγράμματος άσκησης [$F(3, 33) = 0,25, p = 0,86$] στις τιμές της υποκειμενικής αντίληψης κόπωσης. Όσον αφορά τις κύριες επιδράσεις, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση της κατανάλωσης καφεΐνης [$F(1, 11) = 0,31, p = 0,59$], ενώ αντίθετα διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση των γύρων του προγράμματος άσκησης [$F(3, 33) = 91,24, p < 0,001$], η οποία εντοπίστηκε μεταξύ όλων των γύρων. Συγκεκριμένα, οι τιμές της υποκειμενικής αντίληψης κόπωσης ανά γύρο ήταν, διαδοχικά, $14 \pm 1, 16 \pm 1, 17 \pm 1$ και 18 ± 1 (Σχήμα 10).



Σχήμα 10. Υποκειμενική αντίληψη κόπωσης ανά γύρο του προγράμματος Crossfit (μέση τιμή ± τυπική απόκλιση) ύστερα από κατανάλωση καφεΐνης και ύστερα από κατανάλωση εικονικού σκευάσματος (* υποδεικνύει $p < 0,001$ σε σύγκριση με τον 1ο γύρο, ≠ υποδεικνύει $p < 0,001$ σε σύγκριση με τον 2ο γύρο, ¥ υποδεικνύει $p < 0,001$ σε σύγκριση με τον 3ο γύρο).

3.6. Παρενέργειες από τη λήψη καφεΐνης και εικονικού σκευάσματος

Στην συνθήκη λήψης καφεΐνης εμφανίστηκε έστω μία παρενέργεια στο 67% των εθελοντών, ενώ στην συνθήκη λήψης εικονικού σκευάσματος στο 25% των εθελοντών. Βασική παρενέργεια κατά την κατανάλωση καφεΐνης ήταν οι γαστρεντερικές διαταραχές (αίσθημα ναυτίας) στο 33,3% των εθελοντών (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Παρενέργειες από την λήψη καφεΐνης και εικονικού σκευάσματος

	Καφεΐνη	Εικονικό σκεύασμα
Ταχυκαρδία	2 (17%)	0 (0%)
Αίσθημα παλμών	2 (17%)	1 (8%)
Ζαλάδα	3 (25%)	2 (17%)
Γαστρεντερικές διαταραχές	4 (33%)	0 (0%)

Τα δεδομένα παρουσιάζονται ως συχνότητα (%).

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δεν υποστηρίζουν τις αρχικές ερευνητικές υποθέσεις. Συγκεκριμένα, αναδείχθηκε ότι η λήψη $7,1 \pm 0,7$ mg/kg σωματικού βάρους άνυδρης καφεΐνης 60 λεπτά πριν την εκτέλεση προγράμματος Crossfit από νέους αθλητές είχε στατιστικά σημαντική αρνητική επίδραση στις επαναλήψεις των διπλώσεων κορμού στον τέταρτο γύρο και οριακά σημαντική αρνητική επίδραση στον τρίτο γύρο, ενώ δεν επηρέασε τις συνολικές επαναλήψεις, τις επαναλήψεις ανά γύρο του προγράμματος, τις επαναλήψεις των κάμψεων και εκτάσεων αγκώνων, των επολέ, των ημικαθισμάτων και των άρσεων θανάτου ανά γύρο, σε σύγκριση με την κατανάλωση εικονικού σκευάσματος. Τέλος, δεν φάνηκε να βελτιώνει την υποκειμενική αντίληψη κόπωσης ή να διαφοροποιεί την καρδιακή συχνότητα και τη συγκέντρωση γαλακτικού του αίματος.

Παρόμοια αποτελέσματα έδειξαν δύο άλλες τυχαίοποιημένες, διπλά τυφλές, διασταυρούμενες μελέτες που έχουν διερευνήσει την επίδραση της καφεΐνης στην απόδοση στο Crossfit. Συγκεκριμένα, στην μελέτη του Fogaca και των συναδέλφων του (2020), η λήψη καφεΐνης (6 mg/kg σωματικού βάρους) 60 λεπτά πριν την εκτέλεση προγράμματος Crossfit, δεν βελτίωσε την απόδοση στο προπονητικό πρόγραμμα και δεν επηρέασε την υποκειμενική αντίληψη κόπωσης σε σύγκριση με τη λήψη εικονικού σκευάσματος (Fogaca et al., 2020). Οι ασκήσεις που περιλάμβανε το πρόγραμμα Crossfit ήταν το δυναμικό αρασέ και τα άλματα με σχοινάκι, οι οποίες εκτελούνταν όσο γίνεται πιο γρήγορα για ένα χρονικό διάστημα δέκα λεπτών, ενώ οι συμμετέχοντες ήταν άνδρες, ηλικίας 28 ± 2 ετών με εμπειρία στο Crossfit 2 ± 0 έτη. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξε και η μελέτη του Stein και των συναδέλφων του, στην οποία είκοσι άνδρες, ηλικίας 27 ± 6 ετών με εμπειρία στο Crossfit 4 ± 3 έτη, εκτέλεσαν το πρόγραμμα "Cindy", αφού κατανάλωσαν 5 mg/kg σωματικού βάρους καφεΐνης 60 λεπτά πριν (Stein et al., 2020). Το πρόγραμμα περιλάμβανε πέντε έλξεις στο μονόζυγο, δέκα κάμψεις και εκτάσεις αγκώνων και δεκαπέντε ημικαθίσματα (χωρίς εξωτερική επιβάρυνση), με στόχο την εκτέλεση όσο περισσότερων επαναλήψεων για ένα χρονικό διάστημα είκοσι λεπτών.

Η πλειονότητα των μελετών που έδειξαν εργογόνο δράση της καφεΐνης έχουν διερευνήσει την επίδρασή της σε μεμονωμένες μορφές άσκησης, για παράδειγμα άσκηση αντοχής ή δύναμης, σε δοκιμασίες χρόνου μέχρι την εξάντληση ή σε επαναλαμβανόμενα sprint. Η επίδρασή της όμως σε προγράμματα άσκησης μυϊκής αντοχής με συμμετοχή

πολλών μυϊκών ομάδων και με περιορισμένη χρονική διάρκεια ανάπαυσης, όπως το Crossfit, δεν έχει διερευνηθεί επαρκώς (Claudino et al., 2018; Stein et al., 2020). Τα βιβλιογραφικά δεδομένα δε για την επίδραση της καφεΐνης στη μυϊκή αντοχή είναι αντικρουόμενα (Cesareo, Mason, Saracino, Morrissey, & Ormsbee, 2019; Filip-Stachnik et al., 2020; Grgic & Mikulic, 2017; Grgic, Pickering, Bishop, Schoenfeld, et al., 2020; Hamid Arazi, 2016; Polito et al., 2016; Norum et al., 2020; Richardson & Clarke, 2016; Wilk, Krzysztofik, Maszczyk, Chycki, & Zajac, 2019). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα μετα-ανάλυσης που πραγματοποίησαν ο Polito και οι συνάδελφοι του, η καφεΐνη βελτιώνει κατά 6-7% τη μυϊκή αντοχή, όταν κινητοποιούνται μεγάλες μυϊκές ομάδες μέσω επαναλήψεων μέχρι εξάντλησης σε πολλαπλά σετ άρσης βαρών, αλλά με έναν συνολικό αριθμό επαναλήψεων μικρότερο των 30, αριθμό μη συγκρίσιμο με το σύνολο των επαναλήψεων που εκτελούνται σε προγράμματα Crossfit, όπως αυτό της παρούσας μελέτης (Polito et al., 2016). Επιπλέον, ακόμα και για τις επαναλήψεις κάθε άσκησης ανά γύρο, τα αποτελέσματα δεν είναι συγκρίσιμα, καθώς στο συγκεκριμένο προπονητικό πρόγραμμα δεν υπήρχε επαρκές διάστημα ανάπαυσης, όπως στις μελέτες που χρησιμοποιήθηκαν στην συγκεκριμένη μετα-ανάλυση και στις οποίες επιπλέον κινητοποιούνταν συνήθως μεμονωμένες μυϊκές ομάδες.

Διάφορες παράμετροι θα μπορούσαν να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης σχετικά με την απόδοση. Αρχικά, φαίνεται πως η κατανάλωση καφεΐνης έχει διαφορετική επίδραση ανάλογα με το προπονητικό επίπεδο του ατόμου. Συγκεκριμένα, οι αθλητές φαίνεται να ωφελούνται περισσότερο από τους απλούς αθλούμενους, καθώς οι μελέτες που δείχνουν θετικά αποτελέσματα σε ασκήσεις μικρής διάρκειας και υψηλής έντασης αφορούν κυρίως προπονημένους αθλητές. Πιθανώς οι αθλητές έχουν πιο έντονο κίνητρο να εκτελέσουν κοπιαστικές ασκήσεις και να έχουν σταθερές επιδόσεις κατά την εκτέλεση άσκησης σε τακτά διαστήματα (Pickering & Grgic, 2019). Στην παρούσα μελέτη συμμετείχαν κυρίως απλοί αθλούμενοι. Μόνο δύο από τους εθελοντές ασχολούνταν αγωνιστικά με το Crossfit και αυτοί πράγματι εκτέλεσαν περισσότερες επαναλήψεις ύστερα από την κατανάλωση καφεΐνης.

Μια άλλη παράμετρος που θα μπορούσε να ερμηνεύσει τα αποτελέσματα είναι η συστηματική κατανάλωση καφεΐνης. Η τακτική κατανάλωση καφεΐνης φαίνεται να μειώνει τα εργογόνα αποτελέσματα της οξείας κατανάλωσης, πιθανώς αλλάζοντας τις φυσιολογικές αποκρίσεις, λόγω αύξησης των υποδοχέων αδρεοσίνης. Υπάρχουν όμως

ενδείξεις ότι, αν η δόση που χορηγείται πριν την άσκηση είναι μεγαλύτερη από την συνήθη πρόσληψη, τότε η καφεΐνη ασκεί και πάλι εργογόνο δράση (Pickering & Kiely, 2019). Η μέση ημερήσια κατανάλωση καφεΐνης στο δείγμα της μελέτης ήταν 136 ± 97 mg, δηλαδή $1,7 \pm 1,3$ mg/kg σωματικού βάρους, ενώ η δόση που χορηγήθηκε πριν την άσκηση ήταν 6-8 mg/kg σωματικού βάρους, δόση επομένως κατά πολύ μεγαλύτερη από την συνήθη κατανάλωση. Επομένως, δεν φαίνεται πιθανό η συνήθης κατανάλωση καφεΐνης να ερμηνεύει τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης. Σε κάθε περίπτωση, η ακριβής εκτίμηση της συνήθους κατανάλωσης καφεΐνης είναι δύσκολη, δεδομένης της μεταβαλλόμενης χρονικά περιεκτικότητας των πηγών της, αλλά και δεδομένου του ότι η εκτίμησή της στηρίχθηκε σε ερωτηματολόγιο που δεν είχε ελεγχθεί ως προς την εγκυρότητα και την επαναληψιμότητά του (Pickering & Grgic, 2019; Pickering & Kiely, 2019).

Επιπλέον, φαίνεται να υπάρχουν άτομα που ανταποκρίνονται θετικά στην συμπληρωματική χορήγηση καφεΐνης και άτομα που δεν ανταποκρίνονται λόγω γενετικών διαφορών (Pickering & Grgic, 2019; Pickering & Kiely, 2019). Συγκεκριμένα, η διαφορετική ανταπόκριση στην καφεΐνη αποδίδεται σε γενετικούς πολυμορφισμούς που σχετίζονται με τα γονίδια *CYP1A2* και *ADORA2A*, τα οποία καθορίζουν την ταχύτητα μεταβολισμού της καφεΐνης (Guest, Corey, Vescovi, & El-Soheemy, 2018; Puente, Abian-Vicen, Del Coso, Lara, & Salinero, 2018). Το γονίδιο *CYP1A2*, το οποίο έχει μελετηθεί περισσότερο, κωδικοποιεί το κυτόχρωμα P450 1A2, ένζυμο υπεύθυνο για το 95% του μεταβολισμού της καφεΐνης. Άτομα με γονότυπο AA παράγουν περισσότερο από αυτό το ένζυμο με αποτέλεσμα να μεταβολίζουν την καφεΐνη πιο γρήγορα σε σύγκριση με τους γονότυπους CC και AC. Ενδεχομένως, λόγω του ταχύτερου μεταβολισμού, ωφελούνται επιπλέον από την πιθανή εργογόνο δράση των μεταβολιτών της καφεΐνης (παραξανθίνη, θεοβρωμίνη και θεοφυλλίνη). Αντίθετα, άτομα με γονότυπο CC πιθανώς επηρεάζονται αρνητικά από την παρατεταμένη αγγειοσυσταλτική δράση της καφεΐνης, ενώ στα άτομα με γονότυπο AC η κατανάλωση καφεΐνης μοιάζει να μην έχει κάποια θετική ή αρνητική επίδραση (Guest et al., 2018; Pickering & Grgic, 2019).

Επιπρόσθετα, η εργογόνος επίδραση της καφεΐνης ενδέχεται να επηρεάζεται από την ώρα άσκησης (Pickering & Grgic, 2019). Συγκεκριμένα, η καφεΐνη φαίνεται να βελτιώνει την απόδοση περισσότερο όταν η άσκηση εκτελείται πρωινές ώρες σε σύγκριση με απογευματινές ώρες (Boyett et al., 2016; Souissi et al., 2013; Mora-Rodriguez, Garcia

Pallares, Lopez-Samanes, Ortega, & Fernandez-Elias, 2012; Mora-Rodriguez et al., 2015). Στην παρούσα μελέτη οι μισοί εθελοντές εκτέλεσαν την άσκηση πρωινές ώρες και οι άλλοι μισοί απογευματινές ώρες, γεγονός που θα μπορούσε να ερμηνεύει την μη εύρεση θετικής επίδρασης της καφεΐνης στο πρόγραμμα που εκτελέστηκε. Παρόλα αυτά, ακόμα και μεταξύ των ατόμων που εκτέλεσαν το πρόγραμμα άσκησης το πρωί, οι περισσότεροι (τέσσερις στους έξι) δεν εκτέλεσαν περισσότερες επαναλήψεις όταν έλαβαν το συμπλήρωμα καφεΐνης.

Ακόμη, παρά το γεγονός ότι στους εθελοντές δόθηκε οδηγία να μην αλλάξουν το προπονητικό τους πρόγραμμα κατά την διάρκεια της μελέτης και να ακολουθήσουν προπονητικά προγράμματα παρόμοιας έντασης και συχνότητας την εβδομάδα πριν την εκτέλεση του προγράμματος Crossfit στην κάθε συνθήκη, δεν έγινε συλλογή αυτών των στοιχείων. Έτσι είναι πιθανό η κόπωση και ο μυϊκός πόνος καθυστερημένης έναρξης να έχουν επηρεάσει τα αποτελέσματα (Stein et al., 2020).

Ένα ακόμη εύρημα της παρούσας μελέτης είναι η αρνητική επίδραση της καφεΐνης στις επαναλήψεις των διπλώσεων κορμού στον τέταρτο γύρο και οριακά στον τρίτο γύρο. Η αρνητική επίδραση της καφεΐνης στην απόδοση είναι ένα σπάνιο βιβλιογραφικό εύρημα. Την τελευταία δεκαετία, επιβαρυντική επίδραση ανέδειξε η μελέτη του Aedma και των συναδέλφων του, στην οποία παρατηρήθηκε μείωση της μέγιστης ισχύος του άνω μέρος του σώματος κατά την διάρκεια διαλειμματικής δοκιμασίας sprint (Aedma, Timpmann, & Oorik, 2013). Υπάρχουν επίσης παλαιότερες αναφορές αρνητικής επίδρασης της καφεΐνης σε υψηλής έντασης διαλειμματική άσκηση σε ποδήλατο (Crowe, Leicht, & Spinks, 2006; Greer, McLean, & Graham, 1998; Lee, Cheng, Lin, & Huang, 2012). Ο μηχανισμός που θα μπορούσε να ερμηνεύει το εύρημα αυτό παραμένει αδιευκρίνιστος.

Τα περισσότερα δεδομένα για την επίδραση της καφεΐνης στην μυϊκή αντοχή στο άνω μέρος του σώματος αναδεικνύουν είτε θετική επίδραση (Grgic, 2021; Grgic & Mikulic, 2021; Grgic, Pickering, Bishop, Del Coso, et al., 2020; Grgic, Pickering, Bishop, Schoenfeld, et al., 2020; Grgic, Sabol, et al., 2019; Polito et al., 2016; Sabblah et al., 2015; Salatto, Arevalo, Brown, Wiersma, & Coburn, 2020), είτε καμία επίδραση (Cesareo et al., 2019; Filip-Stachnik et al., 2020; Grgic & Mikulic, 2017; Richardson & Clarke, 2016; Wilk et al., 2019). Σε κάθε περίπτωση όμως, στις περισσότερες μελέτες η μυϊκή αντοχή στο άνω μέρος του σώματος αξιολογείται από την εκτέλεση πιέσεων μπάρας σε ύπτια θέση σε πάγκο και δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα για την επίδρασή της στην μυϊκή αντοχή των κοιλιακών

μυών. Από την βιβλιογραφία της τελευταίας δεκαετίας, δύο μελέτες (Dos Santos et al., 2023; Spineli et al., 2020) αξιολόγησαν την οξεία επίδραση της καφεΐνης στην μυϊκή αντοχή των κοιλιακών μυών και έδειξαν ότι η λήψη συμπληρώματος καφεΐνης (6 mg/kg σωματικού βάρους) από έφηβους αθλητές αύξησε τις επαναλήψεις των διπλώσεων κορμού. Στις συγκεκριμένες μελέτες όμως οι έφηβοι αθλητές καλούνταν να εκτελέσουν όσες περισσότερες επαναλήψεις διπλώσεων του κορμού μπορούσαν σε ένα λεπτό για μία μόνο φορά στο πλαίσιο μιας ανεξάρτητης άσκησης και όχι στο πλαίσιο ενός προπονητικού προγράμματος. Όμοια λογική, δηλαδή ένα με τρία set ασκήσεων του άνω μέρος του σώματος, με επαναλήψεις μέχρι εξάντλησης και επαρκές διάστημα ανάπαυσης μεταξύ των set, είχαν και οι υπόλοιπες μελέτες που εκτιμούσαν την επίδραση της καφεΐνης στην μυϊκή αντοχή, λογική διαφορετική από εκείνη του Crossfit.

Επιπλέον, είναι πιθανό η εργογόνος επίδραση της καφεΐνης να μην είναι ίδια σε όλους τους μύες (Tallis & Yavuz, 2018). Έχει προταθεί ότι μικρές μυϊκές ομάδες έχουν περιορισμένη ικανότητα αύξησης της στρατολόγησης κινητικών μονάδων μέσω της πρόσληψης καφεΐνης (Grgic & Mikulic, 2017; Tallis & Yavuz, 2018). Εφόσον η αυξημένη στρατολόγηση κινητικών μονάδων είναι ένας από τους πιθανότερους μηχανισμούς μέσω των οποίων η καφεΐνη μπορεί να βελτιώσει την απόδοση (Grgic, Trexler, Lazinica, & Pedisic, 2018), ίσως αυτός να είναι ένας από τους λόγους για τους οποίους δεν αναδείχθηκε θετική επίδραση. Επιπρόσθετα, όπως προαναφέρθηκε, μια εξήγηση θα μπορούσε να είναι το γονιδιακό προφίλ των εθελοντών (Guest et al., 2018; Pickering & Grgic, 2019). Τέλος, μια ακόμη παράμετρος που ίσως ερμηνεύει το συγκεκριμένο αποτέλεσμα είναι ότι από τα οχτώ άτομα που έκαναν λιγότερες επαναλήψεις κοιλιακών μετά την λήψη καφεΐνης, τα τρία είχαν κάποια γαστρεντερική ενόχληση, η οποία ίσως επηρέασε την απόδοσή τους.

Όσον αφορά την υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης, η λήψη καφεΐνης δεν φάνηκε να έχει κάποια θετική επίδραση. Το αποτέλεσμα αυτό, όπως προαναφέρθηκε, είναι σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των άλλων δύο μελετών που έχουν διερευνήσει την πιθανότητα η λήψη καφεΐνης να μειώνει την υποκειμενική αντίληψη κόπωσης στο Crossfit (Fogaca et al., 2020; Stein et al., 2020). Η βελτίωση της απόδοσης μέσω μείωσης της υποκειμενικής αντίληψης κόπωσης είναι ένας πιθανός μηχανισμός μέσω του οποίου μπορεί να δρα η κατανάλωση καφεΐνης, καθώς πολλές μελέτες έχουν παρατηρήσει ταυτόχρονη αύξηση της απόδοσης και μείωση του RPE ύστερα από χορήγησή της. Στην

αερόβια άσκηση, η μείωση του RPE ερμηνεύει το 29% της θετικής επίδρασης της καφεΐνης σε υπομέγιστες συνθήκες άσκησης, ενώ υπάρχουν και μελέτες που αναδεικνύουν θετική δράση της καφεΐνης στο RPE και σε ασκήσεις με αντιστάσεις, είτε αυτές αφορούν μυϊκή δύναμη, είτε μυϊκή αντοχή (Grgic et al., 2019). Για παράδειγμα, στην μελέτη του Grgic και των συναδέλφων του, παρατηρήθηκε αύξηση 3% στην μέγιστη επανάληψη σε κάθισμα με μπάρα και ταυτόχρονη μείωση του RPE κατά 7% στην κλίμακα Borg 6-20 (Grgic & Mikulic, 2017), ενώ μελέτες του Duncan και των συναδέλφων του ανέδειξαν βελτίωση της μυϊκής αντοχής στο άνω και στο κάτω μέρος του σώματος με ταυτόχρονη μείωση του RPE ύστερα από χορήγηση καφεΐνης (Duncan & Oxford, 2012; Duncan, Stanley, Parkhouse, Cook, & Smith, 2013). Οι περισσότερες όμως μελέτες δεν αναδεικνύουν κάποια επίδραση της καφεΐνης στην υποκειμενική αντίληψη κόπωσης σε ασκήσεις με αντιστάσεις (Grgic et al., 2019), ακόμα και όταν έχει παρατηρηθεί βελτίωση της απόδοσης (Da Silva et al., 2015; Grgic et al., 2019). Η μετα-ανάλυση των Doherty και Smith έδειξε ότι το RPE μειώνεται ύστερα από χορήγηση καφεΐνης κατά την διάρκεια παρατεταμένης αερόβιας άσκησης, αλλά παραμένει αμετάβλητο όταν αξιολογείται στο τέλος μιας εξαντλητικής άσκησης (Doherty & Smith, 2005; Ramos-Campo, Perez, Avila-Gandia, Perez-Pinero, & Rubio-Arias, 2019). Σύμφωνα με αυτά τα αποτελέσματα, μια παράμετρος που θα μπορούσε να ευθύνεται για την έλλειψη διαφορών στο RPE είναι το ότι η εκτίμηση της υποκειμενικής αντίληψης κόπωσης σε προγράμματα με αντιστάσεις πραγματοποιείται στο τέλος της άσκησης (Grgic et al., 2019), όπως έγινε και στην παρούσα μελέτη. Μια ακόμα πιθανή εξήγηση για το συγκεκριμένο αποτέλεσμα είναι ο μικρός χρόνος ανάπαυσης μεταξύ των ασκήσεων, υποδεικνύοντας ότι η καφεΐνη πιθανώς δεν μπορεί να υπερνικήσει την συσσωρευμένη κούραση (Lopes-Silva, Santos, & Franchini, 2019). Τέλος, αν και η υποκειμενική αντίληψη κόπωσης συνήθως εκτιμάται με την χρήση της κλίμακας του Borg, είτε στην πρωτότυπη μορφή της με βαθμολόγηση από 6 έως 20, είτε στην τροποποιημένη εκδοχή της με βαθμολόγηση από 0 έως 10 (Grgic et al., 2019), υπάρχουν ερωτηματικά ως προς την εγκυρότητά της όταν χρησιμοποιείται σε αθλήματα όπως το Crossfit, δηλαδή υψηλού όγκου μυϊκής αντοχής με συμμετοχή πολλών μυϊκών ομάδων και με περιορισμένη διάρκεια ανάπαυσης (Crawford, Drake, Carper, DeBlauw, & Heinrich, 2018).

Μια ακόμα παράμετρος που διερευνήθηκε στην παρούσα μελέτη είναι η συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα πριν και μετά το συνολικό πρόγραμμα άσκησης. Η κατανάλωση καφεΐνης δεν φάνηκε να έχει κάποια επίδραση σε αυτή. Το αποτέλεσμα αυτό

είναι σε συμφωνία με πολλές μελέτες (Andrade-Souza, Bertuzzi, de Araujo, Bishop, & Lima-Silva, 2015; Duncan, Eyre, Grgic, & Tallis, 2019; Lopes-Silva et al., 2019; Oskarsson & McGawley, 2018; Ramos-Campo et al., 2019), αν και δεν υπάρχουν δεδομένα για το Crossfit. Δεδομένου μάλιστα ότι δεν παρατηρήθηκε βελτίωση στην απόδοση, η μη αύξηση του γαλακτικού με την καφεΐνη φαίνεται αναμενόμενη, αν θεωρήσουμε ότι αυτό θα έδειχνε αύξηση του αναερόβιου μεταβολισμού (Flueck, Mettler, & Perret, 2014; Glaister, Pattison, Muniz-Pumares, Patterson, & Foley, 2015; Lopes-Silva et al., 2019). Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν πολλές μελέτες που δείχνουν αύξηση του γαλακτικού μετά την κατανάλωση καφεΐνης, είτε με είτε χωρίς ταυτόχρονη βελτίωση στην απόδοση (Athayde, Lima Kons, & Detanico, 2018; Flueck et al., 2014; Glaister et al., 2015; Glaister, Williams, Muniz-Pumares, Balsalobre-Fernandez, & Foley, 2016; Lopes-Silva et al., 2015; Morales, Sampaio-Jorge, Barth, Pierucci, & Ribeiro, 2020; Potgieter, Wright, & Smith, 2018). Αν και ένας από τους μηχανισμούς που έχουν προταθεί για την αύξηση του γαλακτικού μετά την κατανάλωση καφεΐνης είναι η αύξηση της αναερόβιας δραστηριότητας (Lopes-Silva, Felipe, Silva-Cavalcante, Bertuzzi, & Lima-Silva, 2014), στην μελέτη του Graham το 2001 φάνηκε ότι η κατανάλωση καφεΐνης αύξησε τη συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα κατά την διάρκεια άσκησης με σταθερό φορτίο (70% VO_2max), χωρίς να μεταβληθεί η συγκέντρωσή του στον μυ, κάτι που υποδηλώνει ότι πιθανώς αναστέλλεται η κάθαρση του γαλακτικού από το ήπαρ ή από τους μη ενεργούς μύες ή ότι αυξάνεται η απελευθέρωση από άλλους ιστούς (Lopes-Silva et al., 2019).

Αναφορικά με την καρδιακή συχνότητα, τα αποτελέσματα της μελέτης ανέδειξαν ότι η κατανάλωση καφεΐνης δεν επηρέασε τη σχετική μέση και μέγιστη καρδιακή συχνότητα κατά την διάρκεια της άσκησης. Τα βιβλιογραφικά δεδομένα για την επίδραση της καφεΐνης στην καρδιακή συχνότητα σε άσκηση με αντιστάσεις είναι αντικρουόμενα και αφορούν κυρίως τη μέγιστη καρδιακή συχνότητα κατά τη διάρκεια της άσκησης ή την καρδιακή συχνότητα στο τέλος της άσκησης (Grgic et al., 2019). Στις περισσότερες όμως μελέτες δεν αναδεικνύεται κάποια επίδραση (Astorino, Martin, Schachtsiek, & Wong, 2013; Grgic et al., 2019; Souza, Casonatto, Poton, Willardson, & Polito, 2014). Σε ανάλογα ευρήματα καταλήγει και η μετα-ανάλυση των Glaister και Gissane (2019), η οποία διερεύνησε την επίδραση της κατανάλωσης καφεΐνης (3 – 6 mg/ kg σωματικού βάρους) στην καρδιακή συχνότητα σε υπομέγιστη άσκηση (60-85% VO_2max) διάρκειας 5 έως 30 λεπτών (Glaister & Gissane, 2018). Τα αποτελέσματα αυτά υποστηρίζουν τα

αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, η οποία αφορούσε την εκτέλεση προπονητικού προγράμματος υψηλής έντασης (μέση καρδιακή συχνότητα κατά τη διάρκεια της άσκησης $81 \pm 8\%$ της μέγιστη καρδιακής συχνότητας) (MacIntosh, Murias, Keir, & Weir, 2021) και διάρκειας 20 λεπτών. Τέλος, δεδομένης της υψηλής έντασης της άσκησης, τα ευρήματα είναι σε κάποιο βαθμό αναμενόμενα, καθώς φαίνεται πως η επίδραση της καφεΐνης στην καρδιακή συχνότητα μειώνεται όσο αυξάνει η ένταση της άσκησης (Glaister et al., 2016; Marinho et al., 2022; Sun, Sun, Li, & Li, 2022).

Η παρούσα μελέτη παρουσιάζει ορισμένους περιορισμούς. Ένας από τους βασικούς είναι το μικρό μέγεθος του δείγματος ($n= 12$). Το μέγεθος αυτό όμως είναι συγκρίσιμο με τα μεγέθη που χρησιμοποιήθηκαν στις άλλες δύο μελέτες που πραγματοποιήθηκαν για την διερεύνηση της επίδρασης της οξείας κατανάλωσης καφεΐνης στο Crossfit (Fogaca et al., 2020; Stein et al., 2020), αλλά και με τα μεγέθη πολλών άλλων μελετών που διερευνούν την επίδραση της καφεΐνης στην απόδοση (Grgic, 2021). Επιπλέον, η συμμετοχή μόνο ανδρών στην μελέτη δεν αφήνει περιθώριο γενίκευσης των αποτελεσμάτων σε αθλούμενες του Crossfit, στις οποίες η ταχύτητα μεταβολισμού της καφεΐνης επηρεάζεται από το στάδιο του εμμηνορρυσιακού κύκλου (επίπεδα οιστρογόνων) ή την πιθανή λήψη αντισυλληπτικών σκευασμάτων, αφήνοντας έτσι ανοιχτό το ενδεχόμενο για διαφορετική επίδραση της συμπληρωματικής κατανάλωσης καφεΐνης (Pickering & Grgic, 2019). Επιπρόσθετα, δεν εκτιμήθηκε η συγκέντρωση της καφεΐνης στο αίμα μετά την χορήγηση του συμπληρώματος και δεν έγινε έλεγχος του πολυμορφισμού των γονιδίων που είναι υπεύθυνα για τον μεταβολισμό της καφεΐνης (*ADORA2A* και *CYP1A2*) και που φαίνεται να επηρεάζουν την εργογόνο δράση της (Pickering & Grgic, 2019). Τέλος, ένα περιορισμός που αφορά γενικά τις μελέτες στο Crossfit είναι ότι, αν και τα προγράμματα αυτά χαρακτηρίζονται από υψηλή ένταση με περιορισμένο χρονικό διάστημα ανάπαυσης και κινητοποίηση πολλών μυϊκών ομάδων, παρουσιάζουν ανομοιογένεια, για παράδειγμα ως προς την διάρκεια και τις μυϊκές ομάδες που κινητοποιούν. Επομένως τα συμπεράσματα που εξάγονται από την συγκεκριμένη μελέτη είναι καλό να λαμβάνονται υπόψιν για προπονητικά προγράμματα όμοια με αυτό που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη (Claudino et al., 2018).

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα ευρήματα της παρούσας μελέτης προκύπτει ότι η οξεία κατανάλωση $7,1 \pm 0,7$ mg/kg σωματικού βάρους άνυδρης καφεΐνης 60 λεπτά πριν την εκτέλεση προπονητικού προγράμματος Crossfit από νεαρούς άνδρες αθλούμενους δεν βελτίωσε την απόδοση και πιθανώς άσκησε αρνητική επίδραση στην εκτέλεση διπλώσεων κορμού σε συνθήκες συσσωρευμένης κόπωσης. Επιπλέον, δεν επηρέασε την υποκειμενική αντίληψη κόπωσης, την καρδιακή συχνότητα κατά την διάρκεια της προπόνησης ή τη συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα μετά το τέλος της προπόνησης. Προκειμένου να επιβεβαιωθούν τα συμπεράσματα αυτά, απαιτείται η πραγματοποίηση περισσότερων τυχαιοποιημένων μελετών, με μεγαλύτερο μέγεθος δείγματος και άρτιο ερευνητικό σχεδιασμό, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι περιορισμοί και να εξαχθούν πιο ασφαλή συμπεράσματα. Μέχρι τότε, οι αθλούμενοι του Crossfit δεν φαίνεται να ωφελούνται από την λήψη καφεΐνης και είναι καλό να την αποφεύγουν, ιδίως σε περιπτώσεις που στα προπονητικά προγράμματα απαιτείται η εκτέλεση διπλώσεων κορμού σε συνθήκες συσσωρευμένης κόπωσης.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Aedma, M., Timpmann, S., & Oopik, V. (2013). Effect of caffeine on upper-body anaerobic performance in wrestlers in simulated competition-day conditions. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 23(6), 601-609.
2. Andrade-Souza, V. A., Bertuzzi, R., de Araujo, G. G., Bishop, D., & Lima-Silva, A. E. (2015). Effects of isolated or combined carbohydrate and caffeine supplementation between 2 daily training sessions on soccer performance. *Appl Physiol Nutr Metab*, 40(5), 457-463.
3. Astorino, T. A., Martin, B. J., Schachtsiek, L., & Wong, K. (2013). Caffeine ingestion and intense resistance training minimize postexercise hypotension in normotensive and prehypertensive men. *Res Sports Med*, 21(1), 52-65.
4. Athayde, M., Lima Kons, R., & Detanico, D. (2018). Can Caffeine Intake Improve Neuromuscular and Technical-Tactical Performance During Judo Matches? *J Strength Cond Res*, 32(11), 3095-3102.
5. Bell, D. G., & McLellan, T. M. (2002). Exercise endurance 1, 3, and 6 h after caffeine ingestion in caffeine users and nonusers. *J Appl Physiol (1985)*, 93(4), 1227-1234.
6. Boyett, J. C., Giersch, G. E., Womack, C. J., Saunders, M. J., Hughey, C. A., Daley, H. M., & Luden, N. D. (2016). Time of Day and Training Status Both Impact the Efficacy of Caffeine for Short Duration Cycling Performance. *Nutrients*, 8(10).
7. Cesareo, K. R., Mason, J. R., Saracino, P. G., Morrissey, M. C., & Ormsbee, M. J. (2019). The effects of a caffeine-like supplement, TeaCrine(R), on muscular strength, endurance and power performance in resistance-trained men. *J Int Soc Sports Nutr*, 16(1), 47.
8. Claudino, J. G., Gabbett, T. J., Bourgeois, F., Souza, H. S., Miranda, R. C., Mezencio, B., Soncin, R., Filho, C. A. C, Bottaro, M., Hernandez, A. J., Amadio, A. C., Serrao, J. C. (2018). CrossFit Overview: Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med Open*, 4(1), 11.
9. Crawford, D. A., Drake, N. B., Carper, M. J., DeBlauw, J., & Heinrich, K. M. (2018). Validity, Reliability, and Application of the Session-RPE Method for Quantifying Training Loads during High Intensity Functional Training. *Sports (Basel)*, 6(3).
10. Crowe, M. J., Leicht, A. S., & Spinks, W. L. (2006). Physiological and cognitive responses to caffeine during repeated, high-intensity exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 16(5), 528-544.
11. Da Silva, V. L., Messias, F. R., Zanchi, N. E., Gerlinger-Romero, F., Duncan, M. J., & Guimaraes-Ferreira, L. (2015). Effects of acute caffeine ingestion on resistance training

- performance and perceptual responses during repeated sets to failure. *J Sports Med Phys Fitness*, 55(5), 383-389.
12. Doherty, M., & Smith, P. M. (2005). Effects of caffeine ingestion on rating of perceived exertion during and after exercise: a meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports*, 15(2), 69-78.
 13. Dos Santos Quaresma, M. V. L., Guazzelli Marques, C., & Nakamoto, F. P. (2021). Effects of diet interventions, dietary supplements, and performance-enhancing substances on the performance of CrossFit-trained individuals: A systematic review of clinical studies. *Nutrition*, 82, 110994.
 14. Dos Santos, M. P. P., Spineli, H., Dos Santos, B. P., Lima-Silva, A. E., Gitai, D. L. G., Bishop, D. J., & de Araujo, G. G. (2023). The effect of caffeine on exercise performance is not influenced by ADORA2A genotypes, alone or pooled with CYP1A2 genotypes, in adolescent athletes. *Eur J Nutr*, 62(2), 1041-1050.
 15. Duncan, M. J., & Oxford, S. W. (2012). Acute caffeine ingestion enhances performance and dampens muscle pain following resistance exercise to failure. *J Sports Med Phys Fitness*, 52(3), 280-285.
 16. Duncan, M. J., Eyre, E., Grgic, J., & Tallis, J. (2019). The effect of acute caffeine ingestion on upper and lower body anaerobic exercise performance. *Eur J Sport Sci*, 19(10), 1359-1366.
 17. Duncan, M. J., Stanley, M., Parkhouse, N., Cook, K., & Smith, M. (2013). Acute caffeine ingestion enhances strength performance and reduces perceived exertion and muscle pain perception during resistance exercise. *Eur J Sport Sci*, 13(4), 392-399.
 18. Eston, R. (2012). Use of ratings of perceived exertion in sports. *Int J Sports Physiol Perform*, 7(2), 175-182.
 19. Filip-Stachnik, A., Krzysztofik, M., Kaszuba, M., Leonska-Duniec, A., Czarny, W., Del Coso, J., & Wilk, M. (2020). Placebo Effect of Caffeine on Maximal Strength and Strength Endurance in Healthy Recreationally Trained Women Habituated to Caffeine. *Nutrients*, 12(12).
 20. Flueck, J. L., Mettler, S., & Perret, C. (2014). Influence of caffeine and sodium citrate ingestion on 1,500-m exercise performance in elite wheelchair athletes: a pilot study. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 24(3), 296-304.
 21. Fogaca, L. J., Santos, S. L., Soares, R. C., Gentil, P., Naves, J. P., Dos Santos, W. D., . . . Mota, J. F. (2020). Effect of caffeine supplementation on exercise performance, power, markers of muscle damage, and perceived exertion in trained CrossFit men: a randomized, double-blind, placebo-controlled crossover trial. *J Sports Med Phys Fitness*, 60(2), 181-188.

22. Forte, L. D. M., Freire, Y. G. C., Junior, J., Melo, D. A., & Meireles, C. L. S. (2022). Physiological responses after two different CrossFit workouts. *Biol Sport*, *39*(2), 231-236.
23. Fulton, J. L., Dinas, P. C., Carrillo, A. E., Edsall, J. R., Ryan, E. J., & Ryan, E. J. (2018). Impact of Genetic Variability on Physiological Responses to Caffeine in Humans: A Systematic Review. *Nutrients*, *10*(10).
24. Glaister, M., & Gissane, C. (2018). Caffeine and Physiological Responses to Submaximal Exercise: A Meta-Analysis. *Int J Sports Physiol Perform*, *13*(4), 402-411.
25. Glaister, M., Pattison, J. R., Muniz-Pumares, D., Patterson, S. D., & Foley, P. (2015). Effects of dietary nitrate, caffeine, and their combination on 20-km cycling time trial performance. *J Strength Cond Res*, *29*(1), 165-174.
26. Glaister, M., Williams, B. H., Muniz-Pumares, D., Balsalobre-Fernandez, C., & Foley, P. (2016). The Effects of Caffeine Supplementation on Physiological Responses to Submaximal Exercise in Endurance-Trained Men. *PLoS One*, *11*(8), e0161375.
27. Greer, F., McLean, C., & Graham, T. E. (1998). Caffeine, performance, and metabolism during repeated Wingate exercise tests. *J Appl Physiol* (1985), *85*(4), 1502-1508.
28. Grgic, J. (2021). Effects of Caffeine on Resistance Exercise: A Review of Recent Research. *Sports Med*, *51*(11), 2281-2298.
29. Grgic, J., & Mikulic, P. (2017). Caffeine ingestion acutely enhances muscular strength and power but not muscular endurance in resistance-trained men. *Eur J Sport Sci*, *17*(8), 1029-1036.
30. Grgic, J., & Mikulic, P. (2021). Acute effects of caffeine supplementation on resistance exercise, jumping, and Wingate performance: no influence of habitual caffeine intake. *Eur J Sport Sci*, *21*(8), 1165-1175.
31. Grgic, J., Mikulic, P., Schoenfeld, B. J., Bishop, D. J., & Pedisic, Z. (2019). The Influence of Caffeine Supplementation on Resistance Exercise: A Review. *Sports Med*, *49*(1), 17-30.
32. Grgic, J., Pickering, C., Bishop, D. J., Del Coso, J., Schoenfeld, B. J., Tinsley, G. M., & Pedisic, Z. (2020). ADOR2A C Allele Carriers Exhibit Ergogenic Responses to Caffeine Supplementation. *Nutrients*, *12*(3).
33. Grgic, J., Pickering, C., Bishop, D. J., Schoenfeld, B. J., Mikulic, P., & Pedisic, Z. (2020). CYP1A2 genotype and acute effects of caffeine on resistance exercise, jumping, and sprinting performance. *J Int Soc Sports Nutr*, *17*(1), 21.
34. Grgic, J., Sabol, F., Venier, S., Mikulic, I., Bratkovic, N., Schoenfeld, B. J., Pickering, C., Bishop, D. J., Pedisic, Z., Mikulic, P. (2019). What Dose of Caffeine to Use: Acute Effects

of 3 Doses of Caffeine on Muscle Endurance and Strength. *Int J Sports Physiol Perform*, 1-8.

35. Grgic, J., Trexler, E. T., Lazinica, B., & Pedisic, Z. (2018). Effects of caffeine intake on muscle strength and power: a systematic review and meta-analysis. *J Int Soc Sports Nutr*, 15, 11.
36. Guest, N. S., VanDusseldorp, T. A., Nelson, M. T., Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Jenkins, N. D. M., Arent, S. M., Antonio, J., Stout, J. R., Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E., Goldstein, E. R., Kalman, D. S., Campbell, B. I. (2021). International society of sports nutrition position stand: caffeine and exercise performance. *J Int Soc Sports Nutr*, 18(1), 1.
37. Guest, N., Corey, P., Vescovi, J., & El-Soheemy, A. (2018). Caffeine, CYP1A2 Genotype, and Endurance Performance in Athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 50(8), 1570-1578.
38. Hamid Arazi, E. E. (2016). The Effects of Different Doses of Caffeine on Performance, Rating of Perceived Exertion and Pain Perception in Teenagers Female Karate Athletes. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Science*, 52(4), 685-692.
39. Lee, C. L., Cheng, C. F., Lin, J. C., & Huang, H. W. (2012). Caffeine's effect on intermittent sprint cycling performance with different rest intervals. *Eur J Appl Physiol*, 112(6), 2107-2116.
40. Leger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C., & Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*, 6(2), 93-101.
41. Lopes-Silva, J. P., Felipe, L. J., Silva-Cavalcante, M. D., Bertuzzi, R., & Lima-Silva, A. E. (2014). Caffeine ingestion after rapid weight loss in judo athletes reduces perceived effort and increases plasma lactate concentration without improving performance. *Nutrients*, 6(7), 2931-2945.
42. Lopes-Silva, J. P., Santos, J., & Franchini, E. (2019). Can caffeine supplementation reverse the effect of time of day on repeated-sprint exercise performance? *Appl Physiol Nutr Metab*, 44(2), 187-193.
43. Lopes-Silva, J. P., Silva Santos, J. F., Branco, B. H., Abad, C. C., Oliveira, L. F., Loturco, I., & Franchini, E. (2015). Caffeine Ingestion Increases Estimated Glycolytic Metabolism during Taekwondo Combat Simulation but Does Not Improve Performance or Parasympathetic Reactivation. *PLoS One*, 10(11), e0142078.
44. MacIntosh, B. R., Murias, J. M., Keir, D. A., & Weir, J. M. (2021). What Is Moderate to Vigorous Exercise Intensity? *Front Physiol*, 12, 682233.
45. Marinho, A. H., Lopes-Silva, J. P., Cristina-Souza, G., Sousa, F. A. B., Ataíde-Silva, T., Lima-Silva, A. E., Gomes de Araujo, G., Silva-Cavalcante, M. D. (2022). Effects of caffeine ingestion on cardiopulmonary responses during a maximal graded exercise

test: a systematic review with meta-analysis and meta-regression. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 1-13.

46. MedlinePlus (2022). *Lactic acid test*. Retrieved from <https://medlineplus.gov/ency/article/003507.htm>
47. Morales, A. P., Sampaio-Jorge, F., Barth, T., Pierucci, A., & Ribeiro, B. G. (2020). Caffeine Supplementation for 4 Days Does Not Induce Tolerance to the Ergogenic Effects Promoted by Acute Intake on Physiological, Metabolic, and Performance Parameters of Cyclists: A Randomized, Double-Blind, Crossover, Placebo-Controlled Study. *Nutrients*, 12(7).
48. Mora-Rodriguez, R., Garcia Pallares, J., Lopez-Samanes, A., Ortega, J. F., & Fernandez-Elias, V. E. (2012). Caffeine ingestion reverses the circadian rhythm effects on neuromuscular performance in highly resistance-trained men. *PLoS One*, 7(4), e33807.
49. Mora-Rodriguez, R., Pallares, J. G., Lopez-Gullon, J. M., Lopez-Samanes, A., Fernandez-Elias, V. E., & Ortega, J. F. (2015). Improvements on neuromuscular performance with caffeine ingestion depend on the time-of-day. *J Sci Med Sport*, 18(3), 338-342.
50. Norum, M., Risvang, L. C., Bjornsen, T., Dimitriou, L., Ronning, P. O., Bjorgen, M., & Raastad, T. (2020). Caffeine increases strength and power performance in resistance-trained females during early follicular phase. *Scand J Med Sci Sports*, 30(11), 2116-2129.
51. NTNU (2022). *Maximum Heart Rate Calculator*. Retrieved from <https://www.ntnu.edu/cerg/hrmax>
52. Oskarsson, J., & Mc Gawley, K. (2018). No individual or combined effects of caffeine and beetroot-juice supplementation during submaximal or maximal running. *Appl Physiol Nutr Metab*, 43(7), 697-703.
53. Paliczka, V. J., Nichols, A. K., & Boreham, C. A. (1987). A multi-stage shuttle run as a predictor of running performance and maximal oxygen uptake in adults. *Br J Sports Med*, 21(4), 163-165.
54. Pickering, C., & Grgic, J. (2019). Caffeine and Exercise: What Next? *Sports Med*, 49(7), 1007-1030.
55. Pickering, C., & Kiely, J. (2018). Are the Current Guidelines on Caffeine Use in Sport Optimal for Everyone? Inter-individual Variation in Caffeine Ergogenicity, and a Move Towards Personalised Sports Nutrition. *Sports Med*, 48(1), 7-16.
56. Pickering, C., & Kiely, J. (2019). What Should We Do About Habitual Caffeine Use in Athletes? *Sports Med*, 49(6), 833-842.

57. Polito, M. D., Souza, D. B., Casonatto, J., Farinattic, P. (2016). Acute effect of caffeine consumption on isotonic muscular strength and endurance: A systematic review and meta-analysis. *Science & Sports*, 31(3), 119-128.
58. Potgieter, S., Wright, H. H., & Smith, C. (2018). Caffeine Improves Triathlon Performance: A Field Study in Males and Females. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 28(3), 228-237.
59. Puente, C., Abian-Vicen, J., Del Coso, J., Lara, B., & Salinero, J. J. (2018). The CYP1A2 -163C>A polymorphism does not alter the effects of caffeine on basketball performance. *PLoS One*, 13(4), e0195943.
60. Ramos-Campo, D. J., Perez, A., Avila-Gandia, V., Perez-Pinero, S., & Rubio-Arias, J. A. (2019). Impact of Caffeine Intake on 800-m Running Performance and Sleep Quality in Trained Runners. *Nutrients*, 11(9).
61. Richardson, D. L., & Clarke, N. D. (2016). Effect of Coffee and Caffeine Ingestion on Resistance Exercise Performance. *J Strength Cond Res*, 30(10), 2892-2900.
62. Sabblah, S., Dixon, D., Bottoms, L. (2015). Sex differences on the acute effects of caffeine on maximal strength and muscular endurance, *Comparative Exercise Physiology*, 11(2), 89-94.
63. Salatto, R. W., Arevalo, J. A., Brown, L. E., Wiersma, L. D., & Coburn, J. W. (2020). Caffeine's Effects on an Upper-Body Resistance Exercise Workout. *J Strength Cond Res*, 34(6), 1643-1648.
64. Shabir, A., Hooton, A., Tallis, J., & Higgins, M. F. (2018). The Influence of Caffeine Expectancies on Sport, Exercise, and Cognitive Performance. *Nutrients*, 10(10).
65. Smirmaul, B. P., Bertucci, D. R., & Teixeira, I. P. (2013). Is the VO₂max that we measure really maximal? *Front Physiol*, 4, 203.
66. Sokmen, B., Armstrong, L. E., Kraemer, W. J., Casa, D. J., Dias, J. C., Judelson, D. A., & Maresh, C. M. (2008). Caffeine use in sports: considerations for the athlete. *J Strength Cond Res*, 22(3), 978-986.
67. Souissi, M., Abdelmalek, S., Chtourou, H., Boussita, A., Hakim, A., Sahnoun, Z. (2013). Effects of time-of-day and caffeine ingestion on mood states, simple reaction time, and short-term maximal performance in elite judoists, *Biological Rhythm Research*, 44(6), 897-907.
68. Southward, K., Rutherford-Markwick, K. J., & Ali, A. (2018). The Effect of Acute Caffeine Ingestion on Endurance Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*, 48(8), 1913-1928.

69. Southward, K., Rutherford-Markwick, K., Badenhorst, C., & Ali, A. (2018). The Role of Genetics in Moderating the Inter-Individual Differences in the Ergogenicity of Caffeine. *Nutrients*, 10(10).
70. Souza, D., Casonatto, J., Poton, R., Willardson, J., & Polito, M. (2014). Acute effect of caffeine intake on hemodynamics after resistance exercise in young non-hypertensive subjects. *Res Sports Med*, 22(3), 253-264.
71. Spineli, H., Pinto, M. P., Dos Santos, B. P., Lima-Silva, A. E., Bertuzzi, R., Gitai, D. L. G., & de Araujo, G. G. (2020). Caffeine improves various aspects of athletic performance in adolescents independent of their 163 C > A CYP1A2 genotypes. *Scand J Med Sci Sports*, 30(10), 1869-1877.
72. Stein, J. A., Ramirez, M., & Heinrich, K. M. (2020). Acute Caffeine Supplementation Does Not Improve Performance in Trained CrossFit((R)) Athletes. *Sports (Basel)*, 8(4).
73. Sun, R., Sun, J., Li, J., & Li, S. (2022). Effects of caffeine ingestion on physiological indexes of human neuromuscular fatigue: A systematic review and meta-analysis. *Brain Behav*, 12(4), e2529.
74. Tallis, J., & Yavuz, H. C. M. (2018). The effects of low and moderate doses of caffeine supplementation on upper and lower body maximal voluntary concentric and eccentric muscle force. *Appl Physiol Nutr Metab*, 43(3), 274-281.
75. TopendSports (2022). *20m Multistage Fitness Test (Beep Test) Instructions*. Retrieved from <https://www.topendsports.com/>
76. Wilk, M., Krzysztofik, M., Maszczyk, A., Chycki, J., & Zajac, A. (2019). The acute effects of caffeine intake on time under tension and power generated during the bench press movement. *J Int Soc Sports Nutr*, 16(1), 8.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: Οδηγίες προετοιμασίας για λιπομέτρηση

Προετοιμασία για την λιπομέτρηση

- Η μέτρηση πρέπει να γίνεται 3 ή και περισσότερες ώρες μετά από κάποιο γεύμα, ώστε να έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία της πέψης
- Δεν πρέπει να έχει γίνει μεγάλη κατανάλωση υγρών (νερό, χυμούς, γάλα κτλ) 1-1,5 ώρα πριν τη μέτρηση
- Δεν πρέπει να έχουν καταναλωθεί προϊόντα που επηρεάζουν τους ηλεκτρολύτες (π.χ. καφές, αναψυκτικά, ενεργειακά ποτά κτλ) τις τελευταίες 2 ώρες και γενικά μεγάλη ποσότητα αυτών μέσα στην ημέρα που θα γίνει η μέτρηση
- Δεν πρέπει να έχει γίνει κατανάλωση αλκοόλ τις τελευταίες 24 ώρες πριν τη μέτρηση
- Δεν πρέπει να έχει προηγηθεί έντονη δραστηριότητα ή άθληση την ίδια μέρα
- Φροντίστε να είστε σωστά ενυδατωμένοι με νερό τις προηγούμενες ημέρες από την μέτρηση
- Κατά τη μέτρηση θα αφαιρεθούν όλα τα μεταλλικά αντικείμενα που φοράτε
- Φροντίστε να φοράτε όσο πιο ελαφριά ρούχα γίνεται
- Φροντίστε οι πατούσες και οι παλάμες σας να είναι στεγνές, καθαρές (π.χ. να μην έχετε εφαρμόσει ενυδατική κρέμα ή πούδρα) και να αποκαλύπτονται εύκολα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: Οδηγίες προετοιμασίας για παλίνδρομο τρέξιμο

Προετοιμασία για το παλίνδρομο τρέξιμο

- Κατανάλωση γεύματος 3-4 ώρες πριν την δοκιμασία (ελαφρύ, όχι μεγάλου όγκου, όχι ιδιαίτερα λιπαρού και όχι γεύματος που προκαλεί γαστρεντερική δυσφορία. Το γεύμα να περιέχει σίγουρα και υδατάνθρακες)
- Φροντίστε να καταναλώσετε διατροφή πλούσια σε υδατάνθρακες (μακαρόνια, ρύζι, ψωμί, πατάτες, παξιμάδι, φρούτα κτλ) τις τελευταίες 24 ώρες πριν την δοκιμασία
- Φροντίστε να είστε επαρκώς ενυδατωμένοι
- Αποφύγετε την κατανάλωση αλκοόλ τις τελευταίες 24 ώρες από την διεξαγωγή της δοκιμασίας
- Μην καταναλώσετε κάποιο ενεργειακό ποτό ή συμπλήρωμα πριν την δοκιμασία
- Αποφύγετε οποιαδήποτε έντονη άσκηση τις τελευταίες 24 ώρες πριν την διεξαγωγή της δοκιμασίας. Μην ασκηθείτε καθόλου την ημέρα της δοκιμασίας
- Φροντίστε να είστε ξεκούραστοι και να έχετε κοιμηθεί επαρκώς
- Μην πάρετε κάποιου είδους συμπλήρωμα πριν την δοκιμασία
- Μην καπνίσετε πριν την δοκιμασία
- Φορέστε κατάλληλα ρούχα και υποδήματα για την διαδικασία

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3: Οδηγίες προετοιμασίας για το προπονητικό πρόγραμμα

Προετοιμασία για το προπονητικό πρόγραμμα

- Κατανάλωση γεύματος 3-4 ώρες πριν την δοκιμασία (ελαφρύ, όχι μεγάλου όγκου, όχι ιδιαίτερα λιπαρού και όχι γεύματος που προκαλεί γαστρεντερική δυσφορία. Το γεύμα να περιέχει σίγουρα και υδατάνθρακες). Καταγράψτε το γεύμα που φάγατε (σε ποσότητα και ποιότητα) ώστε να καταναλώσετε το ίδιο γεύμα και στην 2η συνθήκη
- Μην καταναλώσετε κάποιο ενεργειακό ποτό ή συμπλήρωμα πριν την δοκιμασία
- Αποφύγετε οποιαδήποτε έντονη άσκηση τις τελευταίες 24 ώρες πριν την διεξαγωγή της δοκιμασίας. Μην ασκηθείτε καθόλου την ημέρα της δοκιμασίας. Φροντίστε να είστε ξεκούραστοι και να έχετε κοιμηθεί επαρκώς
- Φροντίστε να είστε επαρκώς ενυδατωμένοι
- Αποφύγετε την κατανάλωση καφεϊνούχων ροφημάτων (π.χ. καφές, τσάι, κακάο, σοκολάτα, αναψυκτικά τύπου cola) την ημέρα της δοκιμασίας
- Αποφύγετε την κατανάλωση αλκοόλ τις τελευταίες 24 ώρες από την διεξαγωγή της δοκιμασίας
- Τις προηγούμενες μέρες από την δοκιμασία διατηρείστε το μοτίβο που τρέφεστε συνήθως. Δύο μέρες πριν την 1η δοκιμασία, καταγράψτε με λεπτομέρειες τα τρόφιμα και τα ροφήματα που καταναλώνετε (σε ποσότητα και ποιότητα) και φροντίστε να επαναλάβετε ακριβώς το ίδιο διατροφικό πρόγραμμα για τις δύο μέρες πριν την 2η δοκιμασία
- Φροντίστε οι προπονήσεις σας τις εβδομάδες πριν τις δοκιμασίες να είναι ανάλογης συχνότητας και επιβάρυνσης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4: Ενημερωτικό σημείωμα με δήλωση συγκατάθεσης

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ - ΒΙΟΗΘΙΚΗΣ

Ενημερωτικό σημείωμα με δήλωση συγκατάθεσης

Όνοματεπώνυμο και ιδιότητα ερευνητή με κύρια επιστημονική ευθύνη:
Κονιδάρη Ζωή, Διαιτολόγος-Διατροφολόγος

Η Κονιδάρη Ζωή, τηλ.: 6972527767 και email: zwikonidari@gmail.com, σας προσκαλώ να συμμετάσχετε σε έρευνα που διεξάγεται στο πλαίσιο της διδακτορικής μου διατριβής, στο Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης, με τίτλο «Επίδραση της οξείας κατανάλωσης καφεΐνης στην επίδοση αθλητών Crossfit».

Η έρευνα γίνεται υπό την επίβλεψη του κ. Μπογδάνη Γρηγόρη, επίκουρου καθηγητή στο Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, τηλ.: 6977646529 και email: gregbogdanis@gmail.com.

Η ερευνητική πρόταση έχει εγκριθεί με την **υπ' αριθμόν απόφαση της Επιτροπής Ερευνητικής Δεοντολογίας-Βιοηθικής του τμήματος.**

Σκοπός της έρευνας είναι να διερευνηθεί η επίδραση της οξείας κατανάλωσης καφεΐνης στην απόδοση αθλητών του Crossfit, ώστε να προκύψουν νέα δεδομένα για τις διατροφικές στρατηγικές που μπορούν να αξιοποιήσουν οι αθλητές του Crossfit, προκειμένου να βελτιώσουν τις επιδόσεις τους.

Οι εθελοντές διατηρούν κάθε δικαίωμα να διακόψουν την συμμετοχή στην έρευνα όποτε θελήσουν. Κατά την συλλογή των δεδομένων θα διατηρηθούν η ανωνυμία, η εχεμύθεια και η εμπιστευτικότητα των δεδομένων. Προκειμένου να διασφαλισθεί περαιτέρω η διαφύλαξη των προσωπικών δεδομένων, για κάθε εθελοντή θα υπάρχει συγκεκριμένος κωδικός κατά την συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων.

Οι εθελοντές θα πραγματοποιήσουν πέντε επισκέψεις σε ένα χρονικό διάστημα εύρους 3 έως 8 εβδομάδων. Η διάρκεια κάθε επίσκεψης εκτιμάται ότι θα ανέρχεται το

λιγότερο σε 60min και το περισσότερο σε 120min. Οι εθελοντές δεν θα χρειαστεί να αφιερώσουν άλλο προσωπικό χρόνο για την έρευνα πέραν αυτού των επισκέψεων.

Τα αποτελέσματα της έρευνας ενδεχομένως να δημοσιευθούν σε επιστημονικά περιοδικά και συνέδρια, αλλά και να χρησιμοποιηθούν για διδακτικούς σκοπούς. Επιπλέον, σε περίπτωση που κάποιος εθελοντής το επιθυμεί, θα υπάρξει δυνατότητα ενημέρωσης είτε για τα ατομικά είτε για τα γενικά αποτελέσματα.

Τέλος, η έρευνα γίνεται για καθαρά επιστημονικούς λόγους και δεν υπάρχει κάποιου είδους εκμετάλλευση. Οι συμμετέχοντες δεν θα έχουν άλλο όφελος πέραν της ικανοποίησης από την συμμετοχή τους στο συγκεκριμένο επιστημονικό έργο, αλλά και την κοινοποίηση σε αυτούς, αν και εφόσον οι ίδιοι το επιθυμούν, των δεδομένων/αποτελεσμάτων που θα συλλεχθούν κατά την διάρκεια της μελέτης,.

Περιγραφή διαδικασίας

Αναλυτικότερα για την διαδικασία της μελέτης, οι εθελοντές θα χρειαστεί να πραγματοποιήσουν πέντε επισκέψεις σε συγκεκριμένους χώρους.

Πιο αναλυτικά, κατά την πρώτη επίσκεψη, η οποία θα πραγματοποιηθεί πρωινή ώρα στο διαιτολογικό γραφείο της κα Κονιδάρη Ζωής, θα λάβουν χώρα ανθρωπομετρήσεις, και συγκεκριμένα μέτρηση ύψους (με την χρήση του ψηφιακού αναστημόμετρου της Soehnle 5003), βάρους και ανάλυση σύστασης σώματος (με την χρήση της ζυγαριάς-αναλυτή σύστασης σώματος Inbody 270). Επιπλέον θα συλλεχθούν πληροφορίες σχετικά με το ιατρικό ιστορικό, την λήψη συμπληρωμάτων και την κατανάλωση καφεΐνης (με χρήση του ερωτηματολογίου Caffeine Consumption Questionnaire, Landrum 1992). Η μέγιστη διάρκεια της επίσκεψης υπολογίζεται στα 60min.

Η δεύτερη επίσκεψη θα πραγματοποιηθεί σε γήπεδο στίβου της Αττικής, προκειμένου να γίνει αξιολόγηση της αερόβιας ικανότητας μέσα από την δοκιμασία παλίνδρομου τρεξίματος. Κατά την διάρκεια του παλίνδρομου τρεξίματος, οι εθελοντές τρέχουν παλίνδρομα (πήγαινε-έλα) με προοδευτικά αυξανόμενο ρυθμό, μια απόσταση 20m, η οποία ορίζεται ευκρινώς με κώνους σήμανσης. Ο ρυθμός τρεξίματος καθορίζεται από ηχητικά σήματα και αυξάνει προοδευτικά κάθε λεπτό. Η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι την εξάντληση των εθελοντών. Κατά την συγκεκριμένη διαδικασία οι εθελοντές ενδέχεται

να νιώσουν έντονη σωματική ή ψυχική κόπωση. Η μέγιστη διάρκεια της επίσκεψης υπολογίζεται στα 60min.

Η τρίτη επίσκεψη θα πραγματοποιηθεί σε συγκεκριμένο χώρο εκγύμνασης. Σε αυτή την συνάντηση θα γίνει παρουσίαση του προπονητικού προγράμματος στους εθελοντές και ενδεικτική εκτέλεση των ασκήσεων, με στόχο την εξοικείωσή τους με το πρόγραμμα. Η μέγιστη διάρκεια της επίσκεψης υπολογίζεται στα 60min.

Η τέταρτη και πέμπτη επίσκεψη θα πραγματοποιηθούν πρωινή ώρα σε συγκεκριμένο χώρο εκγύμνασης, με τουλάχιστον επτάμερη απόσταση μεταξύ τους. Στις επισκέψεις αυτές οι εθελοντές θα εκπονήσουν προπονητικό πρόγραμμα ύστερα από την λήψη συμπληρώματος καφεΐνης (60min αργότερα). Πιο συγκεκριμένα, το προπονητικό πρόγραμμα θα αποτελείται από 5 ασκήσεις (50 s άσκηση/10 s διάλειμμα) επί 4 γύρους με στόχο την σωστή εκτέλεση των περισσότερων δυνατών επαναλήψεων σε κάθε άσκηση. Οι πέντε ασκήσεις του προγράμματος θα είναι: κάμψεις και εκτάσεις των αγκώνων, ημικαθίσματα, επολέ, άρσεις θανάτου και διπλώσεις του κορμού (κοιλιακοί). Τα ημικαθίσματα, τα επολέ και οι άρσεις θανάτου θα πραγματοποιηθούν με εξωτερική επιβάρυνση που αντιστοιχεί στο 60% του σωματικού βάρους του κάθε εθελοντή. Κατά την διάρκεια της προπόνησης θα γίνεται μέτρηση της καρδιακής συχνότητας με την χρήση της ζώνης Polar H10, ενώ θα πραγματοποιηθεί μέτρηση της συγκέντρωσης του γαλακτικού πριν και αμέσως μετά την ολοκλήρωση της προπόνησης με την χρήση του αυτόματου μετρητή γαλακτικού οξέος – Lactate Scout 4 (EKF Diagnostics). Επιπλέον, θα καταγραφεί η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης με την χρήση της κλίμακας Borg και θα γίνει και έλεγχος για τυχόν παρενέργειες από την λήψη του σκευάσματος. Πιθανές παρενέργειες από την λήψη καφεΐνης είναι η αύξηση του καρδιακού ρυθμού, αίσθημα ανησυχίας, στομαχικές διαταραχές κτλ. Δεν υπάρχουν δεδομένα για κάποια σοβαρή παρενέργεια από την συμπληρωματική λήψη καφεΐνης. Κατά την διάρκεια των επισκέψεων αυτών οι εθελοντές ενδέχεται να νιώσουν σωματική ή και ψυχική κόπωση. Η μέγιστη διάρκεια της κάθε επίσκεψης υπολογίζεται στα 120min.

Η συλλογή των δεδομένων θα γίνει από την κα Κονιδάρη Ζωή, με πιθανή επικουρική συμμετοχή επιπλέον ατόμων (π.χ. γυμναστών), ενώ η επεξεργασία των δεδομένων θα πραγματοποιηθεί αποκλειστικά από την ίδια, υπό την καθοδήγηση και πιθανή συμμετοχή του κ. Μπογδάνη Γρηγόρη.

Επισημαίνεται ότι σε κάθε εθελοντή θα δοθεί συγκεκριμένος κωδικός, προκειμένου να διασφαλισθεί η προστασία των προσωπικών δεδομένων, κατά την συλλογή και επεξεργασία τους. Η επεξεργασία των δεδομένων θα πραγματοποιηθεί σε υπολογιστή με κωδικό εισόδου, ώστε να μην υπάρχει ελεύθερη πρόσβαση στα δεδομένα.

Τέλος, οι εθελοντές θα λάβουν εφόσον το επιθυμούν πληροφορίες σχετικά με τις ανθρωπομετρικές τους τιμές, αλλά και σχετικά με τα ατομικά ή και γενικά αποτελέσματα της έρευνας.

Σας ευχαριστώ για την πιθανή συμμετοχή σας στην έρευνα.

Δηλώνω ότι: α) διάβασα και κατανόησα το περιεχόμενο έρευνας με τίτλο Επίδραση της οξείας κατανάλωσης καφεΐνης στην επίδοση αθλητών Crossfit, που διεξάγεται από επιστημονικό προσωπικό του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης, β) μου δόθηκε το δικαίωμα να κάνω διευκρινιστικές ερωτήσεις, γ) μου δόθηκε το δικαίωμα να αποφασίσω αν θα συμμετάσχω ή όχι, δ) η συμμετοχή μου είναι εντελώς εθελοντική, ε) έχω δικαίωμα να διατηρήσω την ανωνυμία μου και στ) έχω δικαίωμα να διακόψω όποτε θελήσω, χωρίς να έχω την υποχρέωση να εξηγήσω τους λόγους για τους οποίους θα το κάνω.

Ονοματεπώνυμο δηλούντος ή χρήση κωδικού ή αρχικών.....

Υπογραφή

Υπογραφή ατόμου που πήρε τη συγκατάθεση

Ημερομηνία.....

Υπογραφή ερευνητή (εάν δεν είναι το άτομο που πήρε τη συγκατάθεση).....

Ημερομηνία.....