ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΣΤΙΜΟΥ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Φυσιολογία της Άσκησης & Προπονητική»

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία
με τίτλο:

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΣΕ ΤΕΣΣΕΡΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΥΨΗΛΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ (CROSSFIT)

της

Κουμουνδούρου Άννας Καρολίνας (Α.Ε.Μ.:13008)

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Επιβλέπων Καθηγητής:	Ηλίας Σμήλιος, Αναπληρωτής Καθηγητής, ΤΕΦΑΑ ΔΠΘ
2ο Μέλος Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:	Βασίλειος Γούργουλης Καθηγητής ΤΕΦΑΑ ΔΠΘ
3ο Μέλος Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:	Ελένη Δούδα Καθηγήτρια ΤΕΦΑΑ ΔΠΘ

Κομοτηνή, 2023

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κουμουνδούρου Άννα-Καρολίνα: Φυσιολογικές ανταποκρίσεις και μεταβολή της απόδοσης σε τέσσερα διαφορετικά ημερήσια προγράμματα προπόνησης ισχύος υψηλής έντασης (crossfit)

(Με την επίβλεψη του Αναπληρωτή Καθηγητή Ηλία Σμήλιου)

Σκοπός της μελέτης ήταν να συγκριθούν φυσιολογικές αποκρίσεις που προκαλούν τέσσερα ημερήσια προγράμματα Crossfit που διαφέρουν ως προς τον τρόπο εκτέλεσης και τον στόχο προπόνησης. Το δείγμα αποτέλεσαν 12 αθλητές Crossfit, 9 άντρες και 3 γυναίκες ηλικίας 30±4 έτη, που εκτέλεσαν τέσσερα προγράμματα Crossfit, εκ των οποίων τα δύο είχαν ως στόχο την καρδιοαναπνευστική αντοχή (προγράμματα Α και Β) και τα άλλα δύο την αντοχή στη δύναμη (προγράμματα Γ και Δ). Εφαρμόστηκαν είτε με την εκτέλεση όσο το δυνατόν περισσότερων γύρων σε δεδομένο χρόνο (προγράμματα Α και Δ) είτε με την εκτέλεση σταθερού αριθμού επαναλήψεων όσο το δυνατόν πιο γρήγορα (προγράμματα Β και Γ). Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των προγραμμάτων μετρήθηκε η καρδιακή συχνότητα ενώ στην αρχή, στη μέση, αμέσως μετά, στο 5^{ο} και 15^{ο} λεπτό της αποκατάστασης αξιολογήθηκε η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα. Επιπλέον, μετρήθηκαν η μέγιστη καρδιακή συχνότητα σε δοκιμασία προοδευτικά αυξανόμενης επιβάρυνσης και η συγκέντρωση του γαλακτικού μετά από τη δοκιμασία αναερόβιας ικανότητας Wingate. Η μέγιστη τιμή της καρδιακής συχνότητας ήταν χαμηλότερη ($p<0,05$) στο πρόγραμμα Α (181,7±7,9 b/min) συγκριτικά με το πρόγραμμα Β (188,4±5,0 b/min), Γ (185,6±5,7 b/min) και Δ (186,3±4,0 b/min). Παρόμοια, η μέση καρδιακή συχνότητα ήταν χαμηλότερη ($p<0,05$) στο πρόγραμμα Α (160,2±9,2 b/min) συγκριτικά με το πρόγραμμα Β (174,8±5,0 b/min), Γ (173,3±9,7 b/min) και Δ (175,3±5,3 b/min). Στο τέλος της εκτέλεσης των προγραμμάτων η συγκέντρωση του γαλακτικού ήταν υψηλότερη ($p<0,05$) στο Γ πρόγραμμα συγκριτικά με το Α, στο 5^{ο} λεπτό της αποκατάστασης στα προγράμματα Β και Γ από ό,τι στα Α και Δ, και στο 15^{ο} λεπτό ήταν υψηλότερη στο πρόγραμμα Γ συγκριτικά με τα Α και Δ. Οι μέγιστες τιμές καρδιακής συχνότητας στα προγράμματα Β και Δ δεν διέφεραν ($p> 0,05$) από τη μέγιστη καρδιακή συχνότητα στη δοκιμασία προοδευτικά αυξανόμενης επιβάρυνσης ενώ ήταν χαμηλότερες στα προγράμματα Α και Γ. Οι τιμές του γαλακτικού στο τέλος των προγραμμάτων Β και Γ έτειναν να είναι υψηλότερες ($p= 0,06$)

συγκριτικά με τις τιμές στην δοκιμασία Wingate. Συμπεραίνεται ότι η προπόνηση CrossFit προκαλεί εκτεταμένη χρήση του αερόβιου και του αναερόβιου μεταβολισμού, όπως υποδεικνύουν οι τιμές τις καρδιακής συχνότητας και τα επίπεδα του γαλακτικού, ακόμη και όταν σχεδιάζεται για να προπονηθούν διαφορετικές αθλητικές παράμετροι όπως είναι η καρδιοαναπνευστική αντοχή και η αντοχή στη δύναμη.

Λέξεις κλειδιά: Προπόνησης ισχύος υψηλής έντασης, φυσιολογικές ανταπόκρισης, μεταβολή απόδοσης

ABSTRACT

Koumoundourou Anna-Carolina: Physiological responses and performance change among four different daily strength high-intensity training programs (crossfit)

(Under the supervision of Associate Professor Ilias Smilios)

The purpose of the study was to compare physiological responses during four daily Crossfit programs that differ in the mode of execution and training goal. A total of 12 Crossfit athletes, 9 men and 3 women aged 30±4 years, participated voluntary and performed four Crossfit programs which aimed at cardiorespiratory endurance (programs A and B) and strength endurance (programs C and D). They were implemented either by performing as many rounds as possible at a given time (programs A and D) or by performing a fixed number of repetitions as fast as possible (programs B and C). During the execution of the programs, the heart rate was recorded while at the baseline, in the middle, immediately after and at the 5th and 15th minute of recovery, blood lactatewas measured. In addition, during the exercise treadmill test the maximum heart rate was recorded as well as the lactate concentration were measured after the Wingate anaerobic capacity test. Maximum heart rate was lower ($p< 0.05$) in program A (181.7±7.9 b/min) compared to program B (188.4±5.0 b/min), C (185.6±5.7 b/min) and D (186.3±4.0 b/min). Similarly, mean heart rate was lower ($p< 0.05$) in program A (160.2±9.2 b/min) compared to B (174.8±5.0 b/min), C (173.3±9.7 b/min), and D (175,3±5,3 b/min). At the end of the execution of the programs the concentration of lactate was higher ($p<0.0$ 5) in program C compared to A, in the 5^{th} minute of recovery in programs B and C than in A and D, and in the 15^{th} minute higher in program C than in A and D. The maximum heart rate values did not differ in programs B and D ($p> 0.05$) from that achieved in the graded exercise test while they were lower in programs A and C. At the end of programs B and C the lactate values tended to be higher ($p= 0.06$) compared to the values in the Wingate test. These findings revealed that CrossFit training causes extensive use of aerobic and anaerobic metabolism as indicated by heart rate and lactate values, even when designed to train different athletic parameters such as cardiorespiratory and strength endurance.

Key words: CrossFit, physiological responses, performance change

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ…… 2

ABSTRACT…… 4

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ…… 5

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ…… 6

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ…… 7

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ…… 8

1.1. Σκοπός…… 10

1.2. Ερευνητικές υποθέσεις…… 11

1.3. Οριοθετήσεις και Περιορισμοί…… 11

1.4. Ορισμοί και Συντομογραφίες…… 11

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ…… 13

2.1. Δείγμα…… 13

2.2. Πειραματικός σχεδιασμός…… 13

2.3. Περιγραφή μετρήσεων και όργανα μέτρησης…… 15

2.3.1. Αερόβια ικανότητα…… 15

2.3.2. Μέγιστη δύναμη…… 15

2.3.3. Αναερόβια ικανότητα…… 15

2.4. Στατιστική ανάλυση…… 16

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ…… 17

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ…… 23

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ…… 29

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ…… 30

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Συντελεστές συσχέτισης (r) και επίπεδο σημαντικότητας τους (p) μεταξύ παραμέτρων φυσικής απόδοσης και επίδοσης στα διαφορετικά προγράμματα προπόνησης ισχύος υψηλής εντάσεως Α (καρδιοαναπνευστικής αντοχής, περισσότερες επαναλήψεις), Β (καρδιοαναπνευστικής αντοχής, συντομότερος χρόνος), Γ (αντοχής στη δύναμη, συντομότερος χρόνος) και Δ (αντοχής στη δύναμη, περισσότερες επαναλήψεις). …… 23

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Μέγιστη καρδιακή συχνότητα στο τεστ αερόβιας ικανότητας (ΤΑΙ) και στα τέσσερα προγράμματα (Α: καρδιοαναπνευστικής αντοχής, περισσότερες επαναλήψεις, Β: καρδιοαναπνευστικής αντοχής, συντομότερο χρόνο, Γ: αντοχή στη δύναμη, συντομότερο χρόνο, Δ: καρδιοαναπνευστικής αντοχής, περισσότερες επαναλήψεις, *p<0,05 από ΤΑΙ, # p<0,05 από το πρόγραμμα Α)…….. 18

Σχήμα 2. Μέση τιμή καρδιακής συχνότητας στα τέσσερα προγράμματα άσκησης (Α: καρδιοαναπνευστικής αντοχής, περισσότερες επαναλήψεις, Β: καρδιοαναπνευστικής αντοχής, συντομότερο χρόνο, Γ: αντοχή στη δύναμη, συντομότερο χρόνο, Δ: καρδιοαναπνευστικής αντοχής, περισσότερες επαναλήψεις, * p<0,05 από το πρόγραμμα Α)…… 18

Σχήμα 3. Συγκέντρωση του γαλακτικού πριν, στη μέση, στο τέλος, 5 λεπτά μετά τη λήξη και 15 λεπτά μετά τη λήξη στα τέσσερα προγράμματα (Α: καρδιοαναπνευστικής αντοχής, περισσότερες επαναλήψεις, Β: καρδιοαναπνευστικής αντοχής, συντομότερο χρόνο, Γ: αντοχή στη δύναμη, συντομότερο χρόνο, Δ: καρδιοαναπνευστικής αντοχής, περισσότερες επαναλήψεις, *p<0,05 από το πρόγραμμα Α, # p<0,05 από το πρόγραμμα Δ)…… 20

Σχήμα 4. Συγκέντρωση του γαλακτικού πριν την 1η δοκιμασία, πριν την 2η, 5 λεπτά μετά τη λήξη και 15 λεπτά μετά τη λήξη της δεύτερης αναερόβιας δοκιμασίας (*p<0,05 από πριν την 1η δοκιμασία, # p<0,05 από 15 λεπτά μετά). …….. 20

Σχήμα 5. Υποκειμενική αντίληψη κόπωσης πριν, στη μέση, αμέσως μετά το τέλος, 5 λεπτά μετά και 15 λεπτά μετά τη λήξη των 4 προγραμμάτων προπόνησης (Α: καρδιοαναπνευστικής αντοχής, περισσότερες επαναλήψεις, Β: καρδιοαναπνευστικής αντοχής, συντομότερο χρόνο, Γ: αντοχή στη δύναμη, συντομότερο χρόνο, Δ: καρδιοαναπνευστικής αντοχής, περισσότερες επαναλήψεις, *p<0,05 από το πρόγραμμα Α, # p<0,05 από το πρόγραμμα Β, ^ p<0,05 από το πρόγραμμα Γ)…… 22

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η προπόνηση ισχύος υψηλής έντασης, που αναφέρεται συνήθως με την ονομασία Crossfit, δημιουργήθηκε από τον Greg Glassman τη δεκαετία του 1990 και έχει αποκτήσει πολλούς ακόλουθους σε όλο τον κόσμο. Είναι μια σχετικά νέα αλλά εξαιρετικά δημοφιλής μορφή προπόνησης με πολλαπλούς τρόπους εξάσκησης καθώς περιλαμβάνει πολλούς τύπους λειτουργικών μοτίβων κίνησης, σε μία μόνο συνεδρία υψηλής έντασης (Glassman, 2007). Το Crossfit είναι ένα μοντέλο προπόνησης στο οποίο συνδυάζονται λειτουργικές και βασικές ασκήσεις υψηλής έντασης, όπως καρδιοαναπνευστικές ασκήσεις, ασκήσεις ενόργανης και άρσης βαρών (Glassman, 2007). Η προπόνηση Crossfit είναι μία μέθοδος που προκαλεί βελτίωση του επιπέδου της φυσικής κατάστασης εστιάζοντας στη συνδυαστική ανάπτυξη των ικανοτήτων της δύναμης, με τη γενική της έννοια και της αντοχής, αντί την ανάπτυξη μιας μόνο ικανότητας (Smith et al., 2013).

Ο Glassman (2010) προτείνει την προπόνηση με τη χρήση διαφόρων λειτουργικών ασκήσεων και σε διάφορα επίπεδα έντασης. Οι λειτουργικές κινήσεις περιγράφονται ως πολυαρθρικές κινήσεις που εκτελούνται με χρήση των μυών τόσο του κορμού όσο και των άκρων (Glassman, 2010). Αυτό το είδος προπόνησης θεωρείται ότι μπορεί να βελτιώσει διάφορες παραμέτρους της φυσικής κατάστασης ενός ατόμου, όπως η καρδιαγγειακή και αναπνευστική αντοχή, η μυϊκή δύναμη, η ευλυγισία, η ταχύτητα, ο συντονισμός, η ευκινησία, η ισορροπία και η κιναίσθηση (Claudino et al., 2018). Η ανάπτυξη αυτών των ικανοτήτων πραγματοποιείται μέσω της συμμετοχής σε μια ποικιλία ασκήσεων που μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες α)ενόργανη γυμναστική, αερόβια προπόνηση και άρση βαρών. Κατά την προπόνηση CrossFit χρησιμοποιούνται και τα τρία ενεργειακά συστήματα, το σύστημα ATP - φωσφοκρεατίνης, αναερόβια διάσπαση της γλυκόζης (σύστημα γαλακτικού οξέος) και ο αερόβιος μεταβολισμός (Claudino et al., 2018; Glassman, 2010). Έχει βρεθεί ότι αυτού του είδους η προπόνηση είναι αποτελεσματική για τη βελτίωση της φυσικής κατάστασης. Για παράδειγμα, οι Smith et al. (2013) μέτρησαν τις αλλαγές στη VO_2max, τη σύσταση του σώματος και την αερόβια ικανότητα σε 43 άνδρες και γυναίκες που συμμετείχαν σε προπόνηση τύπου CrossFit για 10 εβδομάδες. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν πως μετά τις 10 εβδομάδες υπήρχε σημαντική μείωση στο ποσοστό σωματικού λίπους και σημαντική αύξηση της VO_2max. Ακόμη, σε άλλη μελέτη όπου συγκρίθηκε η επίδραση 3 διαφορετικών μορφών άσκησης

σε διάφορες παραμέτρους της φυσικής κατάστασης σε ένα δείγμα 87 φοιτητών, για ένα εξάμηνο, τα αποτελέσματα έδειξαν πως η προπόνηση CrossFit ήταν αποτελεσματική για τη βελτίωση της φυσικής κατάστασης και της μυϊκής (Barfield et al., 2012).

Οι τύποι ασκήσεων που χρησιμοποιούνται στο CrossFit είναι ενσωματωμένοι σε ομαδικές προπονήσεις που ονομάζονται προπόνηση ημέρας και περιλαμβάνουν έναν συνδυασμό κινήσεων που εκτελούνται σε κυκλική μορφή με μικρή ή καθόλου ανάπαυση ενδιάμεσα (Butcher, Neyedly, Horvey & Benko, 2015). Μια προπόνηση Crossfit σχεδιάζεται με σκοπό να προκαλέσει στρες στο μεταβολικό και στο καρδιοαναπνευστικό σύστημα, συνδυάζοντας διάφορες ασκήσεις, υψηλή ένταση, φορτία, επαναλήψεις, σετ και περιόδους ανάπαυσης (ή όχι) σε μία συνεδρία. Τα προγράμματα ημέρας διαφέρουν συνεχώς και σπάνια επαναλαμβάνονται. Για την παρακολούθηση της προόδου του αθλητή υπάρχουν έτοιμα προγράμματα ημέρας που έχουν τεθεί ως σημεία αναφοράς (Adami et al., 2021; Kliszczewicz, Snarr & Esco, 2014). Κάποια ημερήσια προγράμματα πραγματοποιούνται με στόχο την εκτέλεσή τους στο συντομότερο χρόνο και κάποια άλλα με στόχο τη διεκπεραίωση όσων περισσότερων γύρων γίνεται σε συγκεκριμένο χρόνο, με διάρκεια που κυμαίνεται από 10 έως 20 λεπτά (Smith et al., 2013).

Οι φυσιολογικές αποκρίσεις διαφόρων προπονήσεων ημέρας έχουν εξεταστεί στο παρελθόν και έχει παρατηρηθεί σημαντική αύξηση της καρδιακής συχνότητας και του γαλακτικού (Adami et al., 2022; Butcher et al., 2015; Mate-Muñoz et al., 2017; Tibana et al., 2016; Fernández et al., 2015). Σε μια μελέτη όπου εξετάστηκε ένα βασικό ημερήσιο πρόγραμμα Crossfit διάρκειας 20 λεπτών, βρέθηκε ότι η μέση καρδιακή συχνότητα ήταν στο 91% του μέγιστης και η μέση κατανάλωση οξυγόνου στο 63,8 ± 12,3% της μέγιστης (Kliszczewicz et al., 2014). Παρόμοιες τιμές παρατηρήθηκαν και με την εκτέλεση ενός άλλου πρωτοκόλλου διάρκειας 12 λεπτών, όπου η μέση καρδιακή συχνότητα και η πρόσληψη οξυγόνου κυμάνθηκαν στο 86±6% και στο 65,3±9,8% του μέγιστου, αντίστοιχα (Farrar, Mayhew & Koch, 2010).

Τα παραπάνω δεδομένα αφορούν μόνο προγράμματα αναφοράς. Δεν υπάρχουν δεδομένα για τη φυσιολογική απόκριση που προκαλεί η προπόνηση ισχύος υψηλής έντασης με την εκτέλεση προγραμμάτων που δεν είναι προγράμματα αναφοράς Crossfit. Επίσης, δεν υπάρχουν δεδομένα για ημερήσια προγράμματα που εκτελούνται με διαφορετική οργανωτική μορφή (εκτέλεση στο συντομότερο δυνατό χρόνο συγκριτικά με εκτέλεση όσων περισσότερων κύκλων γίνεται σε συγκεκριμένο χρόνο) και έχουν ως στόχο

τη βελτίωση της αντοχής στη δύναμη ή την καρδιοαναπνευστική αντοχή. Επίσης, είναι χρήσιμο να εξεταστούν οι οξείες φυσιολογικές ανταποκρίσεις που προκαλούνται με τα προγράμματα αυτά όχι μόνο πριν και αμέσως μετά τη λήξη τους αλλά και σε ένα ευρύτερο χρονικό διάστημα μετά τη λήξη τους.

Εκτός από τη μελέτη των φυσιολογικών αποκρίσεων σε ένα πρόγραμμα Crossfit, είναι επίσης σημαντική και η δυνατότητα πρόβλεψης της απόδοσης σε ένα πρόγραμμα Crossfit μέσω της απόδοσης σε μια δοκιμασία. Οι Butcher et al. (2015) θέλησαν να προσδιορίσουν τους φυσιολογικούς και προγνωστικούς παράγοντες της απόδοσης σε τρία βασικά προγράμματα Crossfit (Fran, Grace και Cindy) από τρεις εργομετρικές δοκιμασίες i) μέτρηση μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου σε διάδρομο, ii) δοκιμασία Wingate στο ποδήλατο και iii) τη συνολική μέγιστη δύναμη (CFTOTAL) ως το άθροισμα της μέγιστης δύναμης στις ασκήσεις βαθύ κάθισμα με μπάρα, πιέσεις πάγκου και άρσεις θανάτου. Δεν βρήκαν συσχέτιση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου και της αναερόβιας ικανότητας με την απόδοση (συνολικός χρόνος εκτέλεσης ή αριθμός επαναλήψεων που ολοκληρώθηκαν) στα τρία βασικά προγράμματα. Αντίθετα, βρέθηκε υψηλή συσχέτιση μεταξύ του CFTOTAL και της απόδοσης στα τρία βασικά προγράμματα. Οι παραδοσιακές μετρήσεις μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου και μέγιστης αναερόβιας ισχύος σε εργοποδήλατο δεν μπόρεσαν να προβλέψουν απόλυτα την απόδοση στα τρία βασικά προγράμματα. Ωστόσο, τα ευρήματα αυτά περιορίζονται σε μια μόνο μελέτη και είναι σημαντικό να διερευνηθεί περαιτέρω ένας τρόπος προσδιορισμού της απόδοσης των αθλητών Crossfit μέσω εργαστηριακών δοκιμασιών. Η παρούσα μελέτη φιλοδοξεί να προσδιορίσει, με μια σύντομη σχετικά δοκιμασία, την απόδοση σε ένα πρόγραμμα Crossfit και όχι μόνο σε βασικά προγράμματα.

1.1. Σκοπός

Σκοπός της μελέτης ήταν να συγκρίνει τις φυσιολογικές αποκρίσεις που προκαλούν τέσσερα ημερήσια προγράμματα Crossfit που εκτελούνται με διαφορετικό τρόπο α)όσο το δυνατόν περισσότεροι γύροι σε δεδομένο χρόνο και β) εκτέλεση σταθερού αριθμού επαναλήψεων όσο το δυνατόν πιο γρήγορα και έχουν διαφορετικό στόχο (καρδιοαναπνευστική αντοχή και αντοχή στη δύναμη), καθώς και να προσδιορίσει τις αποκρίσεις που συσχετίζονται με την απόδοση σε εργαστηριακές δοκιμασίες.

1.2. Ερευνητικές υποθέσεις

1η υπόθεση: Τα προγράμματα με έμφαση στο καρδιοαναπνευστικό σύστημα προκαλούν μεγαλύτερες μέσες τιμές καρδιακής συχνότητας.

2η υπόθεση: Τα προγράμματα με έμφαση στο καρδιοαναπνευστικό σύστημα προκαλούν μεγαλύτερες τιμές μέγιστης καρδιακής συχνότητας.

3η υπόθεση: Τα προγράμματα με μεγαλύτερη έμφαση στην αντοχή στη δύναμη εμφανίζουν υψηλότερα επίπεδα γαλακτικού στο αίμα.

4η υπόθεση: Τα προγράμματα με μεγαλύτερη έμφαση στην αντοχή στη δύναμη εμφανίζουν υψηλότερες τιμές υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης.

1.3. Οριοθετήσεις και περιορισμοί

Η παρούσα μελέτη εξετάζει τις οξείες επιδράσεις τεσσάρων διαφορετικών προπονητικών προγραμμάτων Crossfit. Επομένως, παρουσιάζει και συγκρίνει τις άμεσες φυσιολογικές αποκρίσεις του σώματος χωρίς να μπορούν να εξαχθούν ακριβή συμπεράσματα για τις μακροχρόνιες επιδράσεις αυτών των μορφών προπόνησης Crossfit. Επιπλέον, μέσω διαφορετικής διαμόρφωσης των παραγόντων της επιβάρυνσης μπορούν να διαμορφωθούν διαφορετικά προγράμματα άσκησης και τα δεδομένα της παρούσας μελέτης περιορίζονται σε προγράμματα με παραπλήσιες διαμορφώσεις των παραγόντων της επιβάρυνσης. Ακόμη, στη μελέτη συμμετείχαν νεαροί ενήλικες κάτω των 40 ετών, γεγονός που περιορίζει τη γενίκευση των αποτελεσμάτων σε έφηβους αθλητές ή σε άτομα μέσης και μεγαλύτερης ηλικίας.

1.4. Ορισμοί και συντομογραφίες

- Crossfit: αποτελεί μια μέθοδο προπόνησης υψηλής έντασης κατά την οποία χρησιμοποιείται εξοπλισμός και ασκήσεις από διάφορα αθλήματα, με έμφαση στις λειτουργικές κινήσεις και τις πολυαρθρικές ασκήσεις.
- Καρδιοαναπνευστική αντοχή: περιγράφει τη συντονισμένη λειτουργία της καρδιάς, των πνευμόνων και των μυών για παραγωγή κίνησης με παραγωγή ενέργειας κυρίως μέσω του αερόβιου μεταβολισμού, και διατήρηση αυτής για μεγάλο χρονικό διάστημα.

- Μυϊκή αντοχή: αφορά την ικανότητα διατήρησης της παραγωγής δύναμης από έναν μυ ή μια ομάδας μυών έναντι κάποιοι είδους αντίστασης, όπως τα βάρη ή το σωματικό βάρος, για κάποιο χρονικό διάστημα (45sec).
- Αναερόβια ικανότητα: ορίζεται ως η αθλητική ικανότητα που αντιπροσωπεύει τη μέγιστη ποσότητα ενέργειας που μπορεί να παραχθεί σε μια δεδομένη χρονική περίοδο χρησιμοποιώντας αναερόβιες πηγές ενέργειας, όπως η φωσφοκρεατίνη και η διάσπαση της γλυκόζης με σχηματισμό γαλακτικού.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1. Δείγμα

Το δείγμα αποτέλεσαν 12 αθλητές Crossfit υψηλού επιπέδου, 9 άντρες και 3 γυναίκες. Η μέση ηλικία των αθλητών ήταν 30,1 ± 4,1 έτη, το σωματικό τους ύψος 172,4 ±6,8 cm και το σωματικό τους βάρος 77,6 ± 11,5 kg. Επιπλέον, η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου των αθλητών ήταν 47,9 ± 5,4 ml/kg/min και η μέγιστή τους δύναμη στην άσκηση επολέ-ζετέ ήταν 120,6 ±25,5 kg ή σε σχετικές τιμές 1,55 ±0,22.

Αθλητές υψηλού επιπέδου στο Crossfit χαρακτηρίζονται οι αθλητές που αγωνίζονται στην ελίτ κατηγορία, εκτελούν με ευκολία όλο το ασκησιολόγιο του Crossfit και κατέχουν μέγιστη προσπάθεια στο επολέ ζετέ, πάνω από 120kg οι άντρες και 80 kg οι γυναίκες, και πάνω από 90 kg οι άντρες και 60 kg οι γυναίκες στο αρασέ. Οι δοκιμαζόμενοι ασκούνταν καθημερινά και εντατικά τα τελευταία δύο χρόνια και είχαν συμμετάσχει σε τουλάχιστον δύο αγώνες σε Ελλάδα και εξωτερικό. Κατά τη διάρκεια της μελέτης οι αθλητές προπονούνταν κανονικά και ακολουθούσαν το πρόγραμμα τους, που ήταν για όλους το ίδιο και άλλαζε μόνο κάθε Δευτέρα όπου πραγματοποιήθηκε το αντίστοιχο πρόγραμμα της μελέτης.

2.2. Πειραματικός σχεδιασμός

Οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν τέσσερα διαφορετικά ημερήσια προγράμματα προπόνησης και τρεις εργαστηριακές δοκιμασίες. Τα τέσσερα προγράμματα σχεδιάστηκαν με στόχο τη βελτίωση των βασικών παραγόντων που βελτιώνει το crossfit, την καρδιοαναπνευστική αντοχή και την αντοχή στη δύναμη. Οπότε, τα δύο από τέσσερα προγράμματα είχαν ως στόχο τη βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής αντοχής (προγράμματα Α και Β) και τα άλλα δύο την αντοχή στη δύναμη (προγράμματα Γ και Δ). Για την κάθε φυσική ικανότητα, το ένα πρόγραμμα εκτελέστηκε με την οργανωτική μορφή της εκτέλεσης όσο το δυνατόν περισσότερων γύρων σε δεδομένο χρόνο και το άλλο με την οργανωτική μορφή της εκτέλεσης σταθερού αριθμού γύρων και επαναλήψεων όσο το δυνατόν πιο γρήγορα.

Πιο συγκεκριμένα, τα ημερήσια προγράμματα που εκτελέστηκαν ήταν τα εξής:

Α) Στόχος του προγράμματος Α ήταν η βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής αντοχής και ο τρόπος εκτέλεσης ήταν η πραγματοποίηση όσων περισσότερων γύρων γίνεται σε 24

λεπτά. Σε κάθε γύρο εκτελέστηκαν 20 κάμψεις-εκτάσεις των αγκώνων με τα χέρια να απελευθερώνονται από το έδαφος σε κάθε επανάληψη, 30 κάμψεις κορμού με το σώμα σε ύπτια θέση και με τα χέρια να ακουμπάνε τις μύτες των ποδιών σε κάθε επανάληψη και 40 εναλλάξ προβολές με το ένα χέρι τεντωμένο πάνω από το κεφάλι κρατώντας έναν αλτήρα 30 κιλών. Δείκτη απόδοσης αποτέλεσε ο συνολικός αριθμός των επαναλήψεων που πραγματοποιήθηκαν.

Β) Στόχος του προγράμματος Β ήταν η βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής αντοχής και ο τρόπος εκτέλεσης ήταν η πραγματοποίηση στο συντομότερο χρόνο 10 κύκλων, όπου σε κάθε κύκλο εκτελούνταν 35 ρίψεις μπάλας εννέα κιλών σε στόχο ύψους 3,05m και 75 διπλά άλματα με σχοινάκι. Δείκτη απόδοσης αποτέλεσε ο χρόνος (sec) που χρειάστηκε για να εκτελεστεί όλο το πρόγραμμα.

Γ) Στόχος του προγράμματος Γ ήταν η βελτίωση της αντοχής στη δύναμη και ο τρόπος εκτέλεσης ήταν η διεκπεραίωση στο συντομότερο χρόνο 3 κύκλων 24, 18 και 12 επαναλήψεων, αντίστοιχα, στις ασκήσεις μπροστινό κάθισμα και πίεση πάνω από το κεφάλι με μπάρα 40kg και burpees με άλμα και πέρασμα πάνω από την μπάρα. Δείκτη απόδοσης αποτέλεσε ο χρόνος (sec) που χρειάστηκε για να εκτελεστεί όλο το πρόγραμμα.

Δ) Στόχος του προγράμματος Δ ήταν η βελτίωση της αντοχής στη δύναμη και ο τρόπος εκτέλεσης ήταν η διεκπεραίωση 6 κύκλων όπου στον κάθε κύκλο εκτελούνται 16 άρσεις θανάτου με φορτίο 80 kg, 12 δυναμικά επολέ με φορτίο 80kgκαι 8 ζετέ με φορτίο στα 80kg. Οι αθλητές είχαν χρόνο έως 15 λεπτά για να εκτελέσουν το συγκεκριμένο πρόγραμμα και ελάχιστοι πραγματοποίησαν 6 κύκλους. Δείκτη απόδοσης αποτέλεσε ο συνολικός αριθμός των επαναλήψεων που εκτελέστηκαν.

Κατά την εκτέλεση των τεσσάρων προγραμμάτων άσκησης γινόταν συνεχής καταγραφή της καρδιακής συχνότητας (Polar H10) και καταγράφηκε η υποκειμενική αντίληψης της κόπωσης (RPE) με τη χρήση της 20βάθμιας κλίμακας του Borg, μετά το πέρας κάθε γύρου, στο τέλος του κάθε προγράμματος, καθώς και 15 και 30 λεπτά μετά το τέλος τους. Επίσης, έγινε μέτρηση της συγκέντρωσης του γαλακτικού με φορητή συσκευή (Lactate pro 2) πριν την έναρξη των προγραμμάτων, στη μέση, αμέσως μετά το τέλος τους καθώς και στο 5 και 15 λεπτό της αποκατάστασης.

2.3. Περιγραφή μετρήσεων και όργανα μέτρησης

Πριν την εκτέλεση των ημερήσιων προγραμμάτων πραγματοποιήθηκαν δοκιμασίες αξιολόγησης της αερόβιας ικανότητας, της μέγιστης δύναμης και της αναερόβιας ικανότητας.

2.3.2. Αερόβια ικανότητα

Οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν δοκιμασία προοδευτικά αυξανόμενης ταχύτητας (1,5 km/hκάθε 3 min) έως την εξάντληση σε διάδρομο (h/p/cosmos pulsar 3p) για τον προσδιορισμό της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (Fitmate Pro, Cosmed Italy), της μέγιστης καρδιακής συχνότητας και της μέγιστης αερόβιας ταχύτητας. Για να θεωρηθεί ότι κάποιος αθλητής πέτυχε τη VO_2max κύριο κριτήριο ήταν η σταθεροποίηση της VO_2 παρά την αύξηση της έντασης, ενώ λήφθηκαν υπόψιν και πληροφορίες όπως το αναπνευστικό πηλίκο (> 1,1) και οι καρδιακοί παλμοί (επίτευξη τουλάχιστον του 90% της προβλεπόμενης μέγιστης καρδιακής συχνότητας βάσει του τύπου: Μέγιστη καρδιακή συχνότητα = 220 – Ηλικία).

2.3.2. Μέγιστη δύναμη

Οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν ένα τεστ μέγιστης δύναμης στο επολέ-ζετέ με μπάρα 20 kg ολυμπιακού τύπου (Machineshop barbell) και Ολυμπιακού τύπου δίσκους (Machineshop competitive plates). Οι συμμετέχοντες είχαν στη διάθεση τους 10 λεπτά να πραγματοποιήσουν μια προθέρμανση μέχρι το 85% του φορτίου της προβλεπόμενης μέγιστης επανάληψης τους. Μετά είχαν στην διάθεση τους 4 συνολικά προσπάθειες με διάλειμμα 3 λεπτών ενδιάμεσα, για να καθοριστεί η μέγιστη επανάληψη της ημέρας. Η αύξηση του φορτίου μετά το 85% κυμάνθηκε από 1 έως 5%, ανάλογα με την εμπειρία και την προβλεπόμενη μέγιστη δύναμη των αθλητών για την συγκεκριμένη άσκηση.

2.3.3. Αναερόβια ικανότητα

Οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν δύο διαδοχικά Wingate τεστ (Monark 894E), με 4 λεπτά διάλειμμα ενδιάμεσα, για τη μέτρηση της μέγιστης ισχύος, της μέσης ισχύος και του ρυθμού πτώσης της ισχύος σε κάθε προσπάθεια και τον υπολογισμών των τιμών αυτών στη $2^η$ προσπάθεια ως ποσοστό των αντίστοιχων τιμών στην $1^η$ προσπάθεια. Επίσης, έγινε μέτρηση της συγκέντρωσης του γαλακτικού στο αίμα πριν την πρώτη επανάληψη, πριν τη

δεύτερη επανάληψη καθώς και 5 και 15 λεπτά μετά τη δεύτερη επανάληψη. Για την πραγματοποίηση αυτής της δοκιμασίας ξεκίνησε με μία δεκάλεπτη προθέρμανση, η οποία περιλάμβανε χαμηλής έντασης ποδηλασία. Στη συνέχεια ο κάθε αθλητής ανέβηκε στο εργοποδήλατο και ξεκίνησε να κάνει πετάλι με μέγιστη ταχύτητα και εντός 2-3 δευτερολέπτων εφαρμόστηκε αντίσταση, η οποία αντιστοιχούσε στο 7% του συνολικού σωματικού βάρους κάθε αθλητή. Μετά την εφαρμογή της αντίστασης ο αθλητής εκτέλεσε τη δοκιμασία με μέγιστη προσπάθεια για 30 δευτερόλεπτα. Σε όλους του αθλητές δόθηκε έντονη λεκτική ενθάρρυνση κατά τη δοκιμασία.

2.4. Στατιστική ανάλυση

Ανεξάρτητες μεταβλητές στην παρούσα μελέτη αποτέλεσαν τα τέσσερα προγράμματα προπόνησης ισχύος υψηλής εντάσεως και η χρονική στιγμή μέτρησης των παραμέτρων. Εξαρτημένες μεταβλητές αποτέλεσαν η καρδιακή συχνότητα, η συγκέντρωση γαλακτικού, η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης και οι δείκτες απόδοσης του κάθε προγράμματος που εκτελέστηκε. Για να διερευνηθεί η επίδραση των προγραμμάτων άσκησης και της χρονικής στιγμής μέτρησης στην καρδιακή συχνότητα, τη συγκέντρωση του γαλακτικού και την υποκειμενική αντίληψη της κόπωση χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις και στους δύο παράγοντες. Οι επιμέρους διαφορές μεταξύ των μέσων όρων αναλύθηκαν με το τεστ Tukey. Για να διερευνηθεί η συσχέτιση μεταξύ της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου, της μέγιστης δύναμης σε απόλυτες και σχετικές τιμές, και της μέγιστης ισχύος, της μέσης ισχύος και του δείκτη κόπωσης των αθλητών σε δύο επαναλαμβανόμενες προσπάθειες στην αναερόβια δοκιμασία με τους δείκτες απόδοσης στα πρόγραμμα άσκησης χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης r του Pearson. Η στατιστική σημαντικότητα καθορίστηκε ως $p<0,05$.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Απόδοση στις δοκιμασίες και στα προγράμματα που εκτελέστηκαν

Η μέση τιμή της VO_2max στο σύνολο του δείγματος ήταν 47,9 ± 5,4 ml/kg/min, ενώ η ταχύτητα κατά την επίτευξη της VO_2max ήταν 14,2 ± 1,4 km/h. Η μέγιστη ισχύς κατά την πρώτη επανάληψη στη δοκιμασία Wingate ήταν 11,1 ± 1,1 Watt/kg, η μέση ισχύς 8,6±0,8 Watt/kg, ενώ ο ρυθμός πτώσης ήταν 0,55 ± 0,1 Watt/kg/sec. Οι αντίστοιχες τιμές στη δεύτερη επανάληψη ήταν 10,6 ± 0,9 Watt/kg, 7,6 ± 0,7 Watt/kg, και 0,69 ± 0,2 Watt/kg/sec, αντίστοιχα.

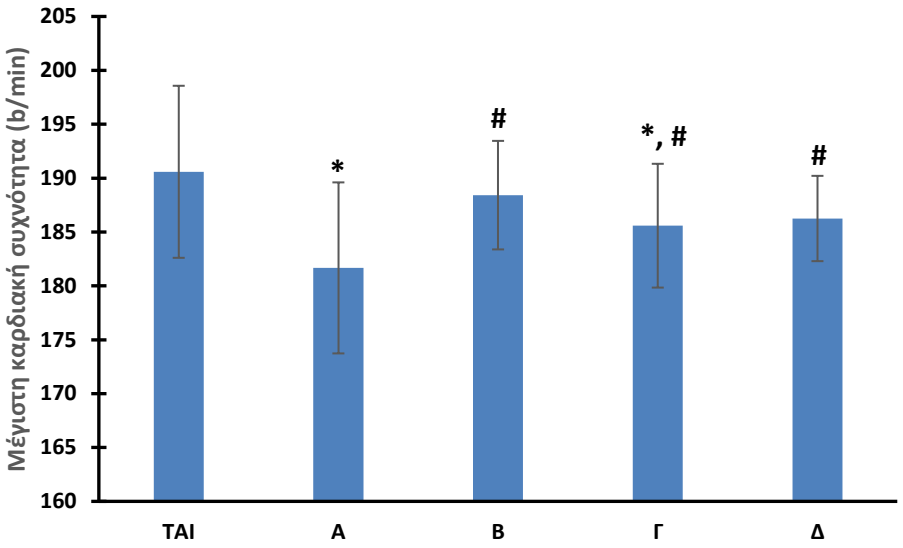
Στο πρόγραμμα Α ο συνολικός αριθμός επαναλήψεων που εκτελέστηκαν ήταν 619,8 ±81,3 και στο πρόγραμμα Δ 194,8 ±17,7. Στο πρόγραμμα Β ο χρόνος ολοκλήρωσης των κύκλων ήταν 23,2 ± 4,3 min και στο πρόγραμμα Γ 6,8 ±1,3 min.

3.2. Μέγιστες τιμές καρδιακής συχνότητας

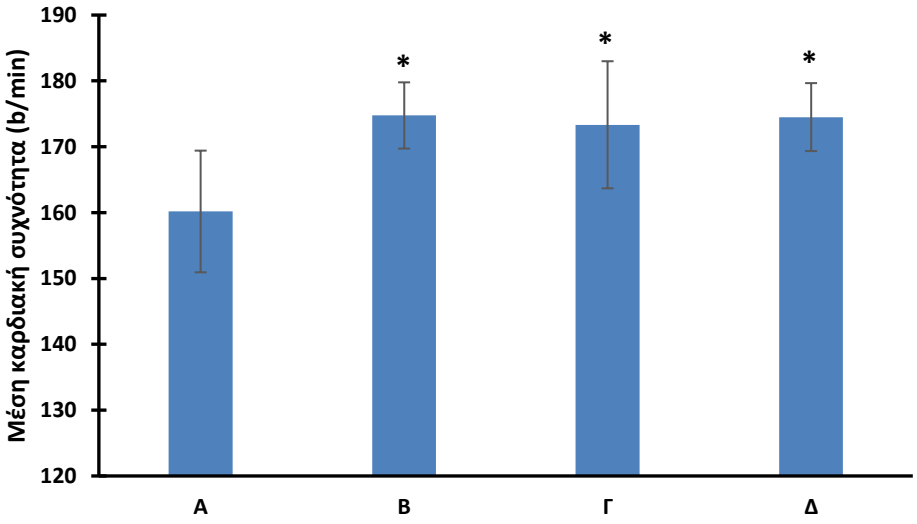
Από την ανάλυση διακύμανσης με έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα προκύπτει στατιστική σημαντική διαφορά στις μέγιστες τιμές της καρδιακής συχνότητας που καταγράφηκαν [$F_{(4,44)}$= 6,49; p=0,001, Σχήμα 1]. Πιο συγκεκριμένα, η μέγιστη τιμή της καρδιακής συχνότητας στο πρόγραμμα Α (181,7 ± 7,9 b/min) ήταν μικρότερη από ότι στα προγράμματα Β (188,4 ± 5,0 b/min) Γ (185,6 ± 5,7b/min)και Δ (186,3 ± 4,0 b/min). Επίσης, οι μέγιστη τιμές καρδιακής συχνότητας που καταγράφηκαν στα προγράμματα Β και Δ δεν διέφεραν από τη μέγιστη καρδιακή συχνότητα στη δοκιμασία μέτρησης της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (190,6 ± 8,0 b/min) ενώ ήταν χαμηλότερες στα προγράμματα Α και Γ (Σχήμα 1).

3.3. Μέση τιμή καρδιακής συχνότητας

Από την ανάλυση διακύμανσης με έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα προκύπτει στατιστική σημαντική διαφορά στις τιμές της μέσης καρδιακής συχνότητας που καταγράφηκαν [F(3,33)= 23,12; p= 0,001]. Πιο συγκεκριμένα, βρέθηκε πως η τιμή της μέσης καρδιακής συχνότητας στο πρόγραμμα Α (160,2 ±9,2b/min) ήταν σημαντικά μικρότερη από ό,τι στα προγράμματα Β (174,8 ± 5,0 b/min), Γ (173,3 ± 9,7 b/min) και Δ (175,3 ± 5,3 b/min) (Σχήμα 2).



Σχήμα 1. Μέγιστη καρδιακή συχνότητα στο τεστ αερόβιας ικανότητας (ΤΑΙ) και στα τέσσερα προγράμματα (Α: καρδιοαναπνευστικής αντοχής, περισσότερες επαναλήψεις, Β: καρδιοαναπνευστικής αντοχής, συντομότερο χρόνο, Γ: αντοχή στη δύναμη, συντομότερο χρόνο, Δ: καρδιοαναπνευστικής αντοχής, περισσότερες επαναλήψεις, *p<0,05 από ΤΑΙ, # p<0,05 από το πρόγραμμα Α).



Σχήμα 2. Μέση τιμή καρδιακής συχνότητας στα τέσσερα προγράμματα άσκησης (Α: καρδιοαναπνευστικής αντοχής, περισσότερες επαναλήψεις, Β: καρδιοαναπνευστικής αντοχής, συντομότερο χρόνο, Γ: αντοχή στη δύναμη, συντομότερο χρόνο, Δ: καρδιοαναπνευστικής αντοχής, περισσότερες επαναλήψεις, * p<0,05 από το πρόγραμμα Α).

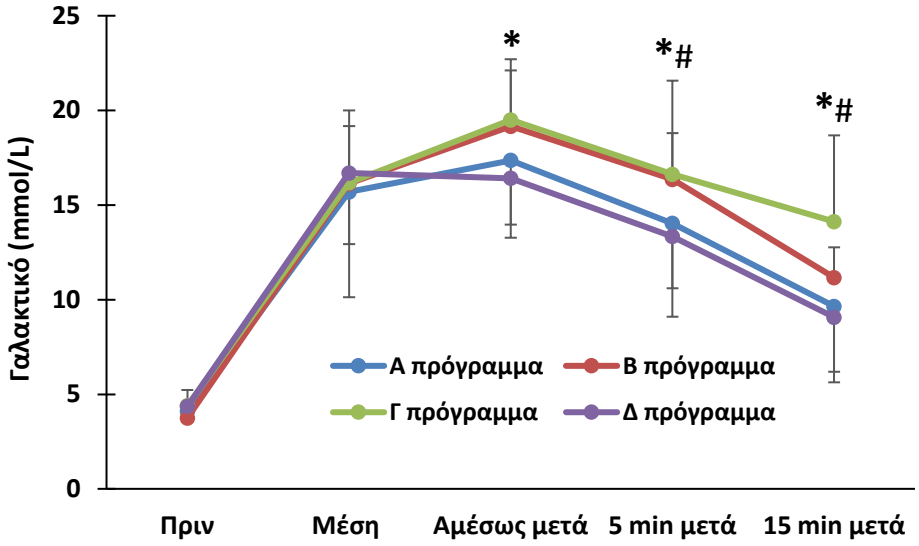
3.4. Συγκέντρωση γαλακτικού στα προγράμματα άσκησης

Από την ανάλυση διακύμανσης με δύο επαναλαμβανόμενους παράγοντες (πρόγραμμα άσκησης και χρονική στιγμή μέτρησης) προκύπτει στατιστική σημαντική κύρια επίδραση των παραγόντων πρόγραμμα άσκησης [$F_{(3,33)}$= 3,16; p=0,04] και χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(4,44)}$= 142,76; p=0,0001] καθώς και σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων [$F_{(12,132)}$= 1,89; p=0,04]. Πιο αναλυτικά, στο πρόγραμμα Α η συγκέντρωση του γαλακτικού ήταν υψηλότερη στο μέσο, στο τέλος και στο 5ºλεπτό μετά το τέλος του προγράμματος συγκριτικά με πριν την εφαρμογή του και στο 15º λεπτό μετά, στο 5º λεπτό μετά από την τιμή στο τέλος και στο 15º λεπτό συγκριτικά με πριν την εφαρμογή του (p<0,05). Στα προγράμματα Β και Γ η συγκέντρωση του γαλακτικού ήταν υψηλότερη στο τέλος έναντι όλων των άλλων χρονικών στιγμών, στη μέση του προγράμματος και στο 5º λεπτό της αποκατάστασης υψηλότερα από ότι στην έναρξη και στο 15º λεπτό της αποκατάστασης, και στο 15º λεπτό της αποκατάστασης υψηλότερα συγκριτικά με την έναρξη του προγράμματος (p<0,05). Στο πρόγραμμα Δ, η συγκέντρωση του γαλακτικού στη μέση και στο τέλος του προγράμματος ήταν υψηλότερη συγκριτικά με τις υπόλοιπες χρονικές στιγμές μέτρησης, στο 5ºλεπτό της αποκατάστασης από ό,τι στην έναρξη και στο 15º λεπτό της αποκατάστασης, και στο 15º λεπτό της αποκατάστασης συγκριτικά με την έναρξη του προγράμματος (p<0,05).

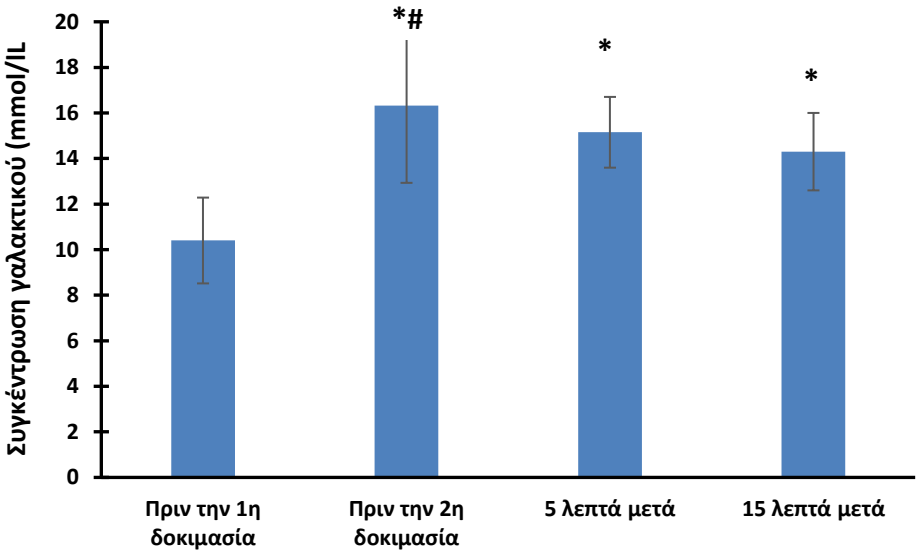
Στο τέλος της εκτέλεσης των προγραμμάτων η συγκέντρωση του γαλακτικού ήταν υψηλότερη στο Γ πρόγραμμα συγκριτικά με το Α (p<0,05), στο 5º λεπτό της αποκατάστασης ήταν υψηλότερη στα προγράμματα Β και Γ από ότι στα προγράμματα Α και Δ (p<0,05), και στο 15º λεπτό της αποκατάστασης υψηλότερη στο πρόγραμμα Γ από ότι στα προγράμματα Α και Δ (p<0,05, Σχήμα 3).

3.5. Συγκέντρωση του γαλακτικού στη δοκιμασία αναερόβιας ικανότητας

Η ανάλυση διακύμανσης με έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα έδειξε στατιστική σημαντική διαφορά στις τιμές του γαλακτικού [$F_{(3,33)}$= 19,63; p= 0,001]. Η συγκέντρωση του γαλακτικού ήταν χαμηλότερη πριν την 1η επανάληψη συγκριτικά με τις υπόλοιπες χρονικές στιγμές μέτρησης και στο 15º λεπτό της αποκατάστασης συγκριτικά με πριν τη 2η επανάληψη (Σχήμα 4).



Σχήμα 3. Συγκέντρωση του γαλακτικού πριν, στη μέση, στο τέλος, 5 λεπτά μετά τη λήξη και 15 λεπτά μετά τη λήξη στα τέσσερα προγράμματα (Α: καρδιοαναπνευστικής αντοχής, περισσότερες επαναλήψεις, Β: καρδιοαναπνευστικής αντοχής, συντομότερο χρόνο, Γ: αντοχή στη δύναμη, συντομότερο χρόνο, Δ: καρδιοαναπνευστικής αντοχής, περισσότερες επαναλήψεις, *p<0,05 από το πρόγραμμα Α, # p<0,05 από το πρόγραμμα Δ).



Σχήμα 4. Συγκέντρωση του γαλακτικού πριν την 1η δοκιμασία, πριν την 2η, 5 λεπτά μετά τη λήξη και 15 λεπτά μετά τη λήξη της δεύτερης αναερόβιας δοκιμασίας (*p<0,05 από πριν την 1η δοκιμασία, # p<0,05 από 15 λεπτά μετά).

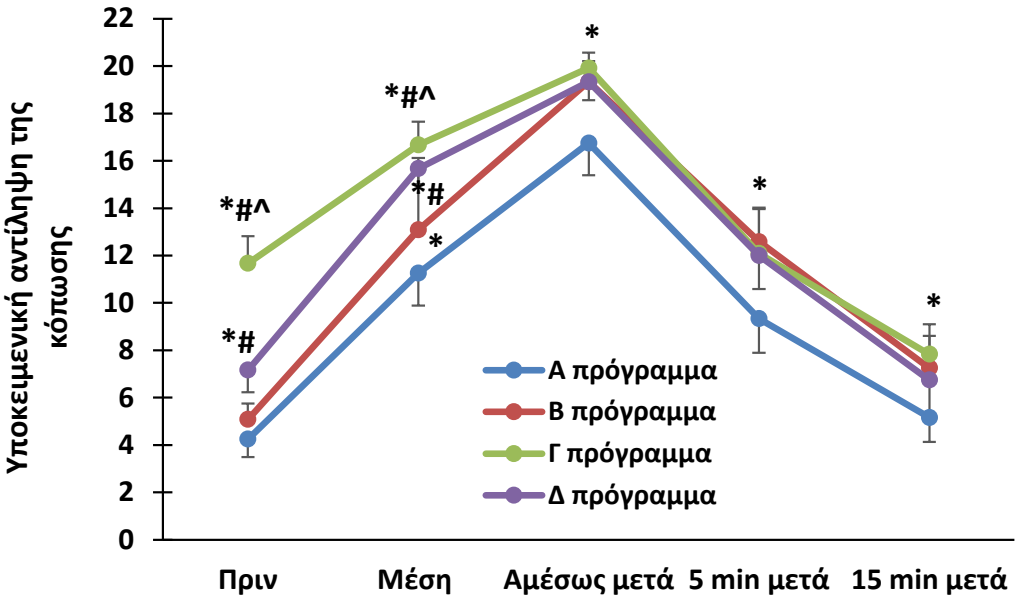
3.6. Σύγκριση συγκεντρώσεων γαλακτικού στα προγράμματα άσκησης και στην αναερόβια δοκιμασία

Όταν αναλύθηκαν οι χρονικές στιγμές με την υψηλότερη μέση τιμή συγκέντρωσης του γαλακτικού (πριν τη 2η επανάληψη στην αναερόβια δοκιμασία και στο τέλος των προγραμμάτων άσκησης) δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά [$F_{(4,44)}$= 2,41; p= 0,06)] αν και οι τιμές στο τέλος των προγραμμάτων Β και Γ έτειναν να είναι υψηλότερες συγκριτικά με τις τιμές στην αναερόβια δοκιμασία και στο πρόγραμμα Δ.

3.7. Υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης στα προγράμματα άσκησης

Από την ανάλυση διακύμανσης με δύο επαναλαμβανόμενους παράγοντες προκύπτει σημαντική κύρια επίδραση των παραγόντων πρόγραμμα άσκησης [$F_{(3,33)}$= 53,41; p= 0,001] και χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(4,44)}$= 847,89; p= 0,0001] αλλά και σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων [$F_{(12,132)}$= 16,57 p=0,001]. Οι τιμές της υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης στα προγράμματα Α και Δ διέφεραν μεταξύ όλων των χρονικών στιγμών εκτός από αυτές στην έναρξη των προγραμμάτων και στο 15ο λεπτό της αποκατάστασης. Στο πρόγραμμα Β διέφεραν μεταξύ τους όλες οι χρονικές στιγμές εκτός από αυτές στη μέση εκτέλεσης του προγράμματος και στο 5ο min της αποκατάστασης. Στο πρόγραμμα Γ διέφεραν μεταξύ τους όλες οι χρονικές στιγμές εκτός από αυτές πριν την έναρξη του προγράμματος και στο 5ο min της αποκατάστασης.

Στην έναρξη των προγραμμάτων η υποκειμενική αντίληψη ήταν σημαντικά χαμηλότερη ($p<0,05$) στα Α και Β προγράμματα σε σύγκριση με τα Γ και Δ και στο Γ μικρότερη από το Δ. Στη μέση εκτέλεσης των προγραμμάτων η υποκειμενική αντίληψη στο Α ήταν σημαντικά χαμηλότερη ($p<0,05$) από τα Β, Γ και Δ, στο Β χαμηλότερη από τα Γ και Δ, και στο Γ χαμηλότερη από το Δ. Στο τέλος εκτέλεσης των προγραμμάτων, 5 λεπτά μετά το τέλος τους, καθώς και 15 λεπτά μετά η υποκειμενική αντίληψη ήταν σημαντικά χαμηλότερη στο Α συγκριτικά με τα υπόλοιπα προγράμματα (Σχήμα 5).



Σχήμα 5. Υποκειμενική αντίληψη κόπωσης πριν, στη μέση, αμέσως μετά το τέλος, 5 λεπτά μετά και 15 λεπτά μετά τη λήξη των 4 προγραμμάτων προπόνησης (Α: καρδιοαναπνευστικής αντοχής, περισσότερες επαναλήψεις, Β: καρδιοαναπνευστικής αντοχής, συντομότερο χρόνο, Γ: αντοχή στη δύναμη, συντομότερο χρόνο, Δ: καρδιοαναπνευστικής αντοχής, περισσότερες επαναλήψεις, *p<0,05 από το πρόγραμμα Α, # p<0,05 από το πρόγραμμα Β, ^ p<0,05 από το πρόγραμμα Γ).

3.8. Συσχέτιση μεταξύ παραμέτρων φυσικής απόδοσης και επίδοσης στα προγράμματα άσκησης

Τα αποτελέσματα από την ανάλυση συσχέτισης έδειξαν πως η επίδοση στο πρόγραμμα Α δεν συσχετίστηκε σημαντικά (p> 0,05) με κάποια από τις παραμέτρους που μετρήθηκαν στις εργαστηριακές δοκιμασίες που εκτελέστηκαν. Στο πρόγραμμα Β παρουσιάστηκε σημαντική συσχέτιση του χρόνου ολοκλήρωσης του προγράμματος με τη VO_2max, τη 1ΜΕ στην άσκηση επολέ-ζετέ, και τη μέση ισχύ και τον ρυθμό πτώσης της ισχύος στη 2^{η}επανάληψη της αναερόβιας δοκιμασίας. Η επίδοση στο πρόγραμμα Γ είχε σημαντική συσχέτιση (p< 0,05) με τη σχετική μέγιστη δύναμη στην άσκηση επολέ-ζετέ. Στο πρόγραμμα Δ παρουσιάστηκε σημαντική συσχέτιση του αριθμού των επαναλήψεων που εκτελέστηκαν με τη μέση ισχύ στη 2^{η}επανάληψη της αναερόβιας δοκιμασίας (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Συντελεστές συσχέτισης (r) και επίπεδο σημαντικότητας τους (p) μεταξύ παραμέτρων φυσικής απόδοσης και επίδοσης στα διαφορετικά προγράμματα προπόνησης ισχύος υψηλής εντάσεως Α (καρδιοαναπνευστικής αντοχής, περισσότερες επαναλήψεις), Β (καρδιοαναπνευστικής αντοχής, συντομότερος χρόνος), Γ (αντοχής στη δύναμη, συντομότερος χρόνος) και Δ (αντοχής στη δύναμη, περισσότερες επαναλήψεις).

	Α		Β		Γ		Δ	
	r	p	r	p	r	p	r	p
VO_2max (ml/kg/min)	0,52	0,08	**-0,69**	**0,01**	-0,50	0,10	0,16	0,62
1ΜΕ (kg)	0,33	0,29	**-0,57**	**0,05**	-0,37	0,24	0,35	0,26
1ΜΕ/kg σωμ μάζας	0,35	0,27	-0,56	0,06	**-0,78**	**0,00**	0,21	0,52
Μέγιστης ισχύς 1 (W/kg)	0,39	0,22	-0,41	0,18	-0,51	0,09	0,27	0,39
Μέση ισχύς 1 (W/kg)	0,55	0,07	-0,57	0,06	-0,54	0,07	0,46	0,13
Ρυθμός πτώσης ισχύος 1 (W/kg/s)	-0,16	0,61	0,28	0,38	0,00	1,00	-0,24	0,46
Μέγιστης ισχύς 2 (W/kg)	0,11	0,73	-0,34	0,29	-0,36	0,26	0,14	0,67
Μέση ισχύς 2 (W/kg)	0,52	0,09	**-0,69**	**0,01**	-0,32	0,30	**0,80**	**0,00**
Ρυθμός πτώσης ισχύος 2 (W/kg/s)	-0,53	0,08	**0,69**	**0,01**	0,14	0,67	-0,50	0,10
%Μέγιστης ισχύος 2/1	-0,45	0,14	0,23	0,46	0,32	0,31	-0,25	0,43
%Μέσης ισχύος 2/1	0,02	0,96	-0,21	0,52	0,22	0,49	0,44	0,16

VO_2max: μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, 1ΜΕ: 1 μέγιστη επανάληψη, Μέγιστης ισχύς 1: Μέγιστη ισχύς στην $1^η$ επανάληψη, Μέση ισχύς 1: Μέση ισχύς στην $1^η$ επανάληψη, Ρυθμός πτώσης ισχύος 1: Ρυθμός πτώσης ισχύος στην $1^η$ επανάληψη, Μέγιστης ισχύς 2: Μέγιστη ισχύς στη $2^η$ επανάληψη, Μέση ισχύς 2: Μέση ισχύς στη $2^η$ επανάληψη, Ρυθμός πτώσης ισχύος 2: Ρυθμός πτώσης ισχύος στην $2^η$ επανάληψη, %Μέγιστης ισχύος 2/1: Η μέγιστη ισχύς στη $2^η$ επανάληψη ως ποσοστό αυτής στην $1^η$ επανάληψη.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η φυσιολογική απόκριση ενός δείγματος αθλητών Crossfit σε τέσσερα διαφορετικά ημερήσια προγράμματα του αθλήματος, όπου τα δύο προγράμματα έχουν ως στόχο τη βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής αντοχής και τα άλλα δύο προγράμματα την αντοχή στη δύναμη. Επίσης, εξετάστηκε και η συσχέτιση μεταξύ των επιδόσεων σε εργαστηριακές μετρήσεις και των δεικτών επίδοσης στο κάθε πρόγραμμα. Τα κύρια ευρήματα της μελέτης έδειξαν ότι υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην απόκριση της καρδιακής συχνότητας, των επιπέδων του γαλακτικού αλλά και της υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης μεταξύ των προγραμμάτων που εφαρμόστηκαν χωρίς, ωστόσο, να διαφοροποιούνται ανάλογα με τον στόχο τους. Επιπλέον, παρατηρήθηκαν ορισμένες σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των επιδόσεων σε εργαστηριακές δοκιμασίες και των δεικτών επίδοσης στα προγράμματα με πιο συστηματική αυτή μεταξύ της μέσης ισχύς στη $2^{η}$ επανάληψη δύο δοκιμασιών Wingate σε 4 λεπτά και της επίδοσης στα προγράμματα Α, Β και Δ.

Όσον αφορά τον καρδιακό ρυθμό, τα αποτελέσματα έδειξαν διαφορές τόσο στη μέγιστη καρδιακή συχνότητα όσο και στη μέση καρδιακή συχνότητα. Στο πρόγραμμα Α, το οποίο ήταν ένα πρόγραμμα καρδιοαναπνευστικής προπόνησης σχεδιασμένο ώστε οι αθλητές να εκτελέσουν όσους περισσότερους γύρους εντός 24 λεπτών, παρατηρήθηκε η χαμηλότερη μέγιστη τιμή καρδιακής συχνότητας σε σύγκριση με τα άλλα τρία προγράμματα. Η μεγαλύτερη μέγιστη τιμή καρδιακής συχνότητας παρατηρήθηκε στο πρόγραμμα Β (καρδιοαναπνευστικής αντοχής), χωρίς, ωστόσο, να είναι σημαντικά μεγαλύτερη από τα προγράμματα Γ και Δ (αντοχής στη δύναμη). Τα ευρήματα αυτά είναι αναμενόμενα, καθώς το πρόγραμμα Α που στοχεύει στη βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής αντοχής, είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να έχει χαμηλότερη ένταση από τα άλλα προγράμματα, ενώ ταυτόχρονα κρατάει τον καρδιακό ρυθμό σχετικά σταθερό καθ' όλη τη διάρκεια (20 min) του προγράμματος. Κατά συνέπεια, η χαμηλότερη μέγιστη και μέση καρδιακή συχνότητα σε σύγκριση με τα άλλα προγράμματα εμπίπτει στους στόχους του προγράμματος. Από την άλλη πλευρά, αναμενόμενη ήταν και η υψηλή τιμή της μέγιστης και μέσης καρδιακής συχνότητας στο πρόγραμμα Β όπου ενώ και αυτό έχει ως στόχο την βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής αντοχής, ο τρόπος εκτέλεσης ήταν η πραγματοποίηση 10 κύκλων στο συντομότερο χρόνο.

Ως εκ τούτου, η επιβάρυνση αυτού του προγράμματος ήταν αρκετά υψηλή, χωρίς να δίνονται περιθώρια διαλλείματος, κάτι που οδήγησε σε πολύ υψηλή καρδιακή συχνότητα. Μάλιστα, η μέγιστη τιμή καρδιακής συχνότητας που καταγράφηκε στο πρόγραμμα Β και στο πρόγραμμα Δ, ήταν πολύ κοντά στις τιμές της εργαστηριακής δοκιμασίας αερόβιας ικανότητας – μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου. Αντιθέτως, οι αντίστοιχες τιμές στο πρόγραμμα Α ήταν σημαντικά χαμηλότερες από αυτές που παρατηρήθηκαν στην εργαστηριακή δοκιμασία. Οι τιμές της μέσης καρδιακής συχνότητας ήταν σχεδόν παρόμοιες για τα προγράμματα Β, Γ και Δ με τη διαφορά μεταξύ του προγράμματος Β και Γ να είναι μηδενική, ενώ η διαφορά με το πρόγραμμα Δ ήταν περίπου 2 b/min. Αυτό το εύρημα πιθανώς να οφείλεται στις διαφορετικές ευκαιρίες και διαστήματα διαλλειμάτων μεταξύ των προγραμμάτων, καθώς τα κενά στα προγράμματα που επέτρεπαν διαλλείματα, αναμένεται να επέτρεπαν πτώση του καρδιακού ρυθμού, κάτι που ενδεχομένως να επηρέασε τον μέσο όρο αυτής της μέτρησης.

Στην παρούσα μελέτη, στο πρόγραμμα Α η μέγιστη τιμή της καρδιακής συχνότητας που επιτεύχθηκε ήταν στο 94,6 ± 4,1% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας, στο πρόγραμμα Β στο 98,1 ± 2,6%, στο πρόγραμμα Γ στο 96,7 ± 3% και στο πρόγραμμα Δ στο 97 ± 2,1%. Η μέση καρδιακή συχνότητα στο πρόγραμμα Α ήταν στο 83,4 ± 4,8%, στο πρόγραμμα Β στο 91 ± 2,6%, στο πρόγραμμα Γ στο 90,3 ± 5% και στο πρόγραμμα Δ στο 91,3 ± 2,8% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας. Τα ευρήματα αυτά φαίνεται να συμφωνούν με τα αποτελέσματα προηγούμενης μελέτης, στο πλαίσιο της οποίας εξετάστηκε ένα βασικό ημερήσιο πρόγραμμα Crossfit διάρκειας 20 λεπτών και βρέθηκε πως η μέση καρδιακή συχνότητα ήταν στο 91% του μέγιστης και η μέση κατανάλωση οξυγόνου στο 63,8 ± 12,3% της μέγιστης (Kliszczewicz et al., 2014). Παραπλήσιες τιμές παρατηρήθηκαν και με την εκτέλεση ενός άλλου πρωτοκόλλου διάρκειας 12 λεπτών, όπου η μέση καρδιακή συχνότητα και πρόσληψη οξυγόνου ήταν στο 86 ± 6% και στο 65,3 ± 9,8% του μέγιστου, αντίστοιχα (Farrar et al., 2010). Συνεπώς, αξιολογώντας τα ευρήματα της παρούσας έρευνας σε συνδυασμό με τα δεδομένα της υπάρχουσας βιβλιογραφίας, φαίνεται πως η προπόνηση Crossfit οδηγεί σε υψηλές επιβαρύνσεις του καρδιοαναπνευστικού συστήματος. Αυτό το εύρημα φαίνεται να επιβεβαιώνεται και από μακροχρόνιες μελέτες που έχουν παρατηρήσει πως η προπόνηση με Crossfit μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές αυξήσεις της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (Amundsen et al., 2008; Bahremand et al., 2020; Martínez-Gómez et al., 2020)

Σχετικά με τα επίπεδα του γαλακτικού, παρατηρήθηκε αύξηση του κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των προγραμμάτων αλλά ακόμη και μετά το τέλος τους ήταν αρκετά υψηλή. Στα προγράμματα Β και Γ παρουσιάστηκαν οι υψηλότερες τιμές γαλακτικού και στο πρόγραμμα Α και Δ οι χαμηλότερες. Επίσης, στο σύνολο των προγραμμάτων που εφαρμόστηκαν παρουσιάστηκαν παρόμοιες, με τάση να είναι και υψηλότερες, συγκεντρώσεις γαλακτικού στο αίμα με αυτές που μετρήθηκαν μετά από την εκτέλεση της δοκιμασίας Wingate.

Τα ευρήματα αυτά σχετικά με την απόκριση του αναερόβιου μεταβολισμού, φαίνεται να συμφωνούν με τα αποτελέσματα της έρευνας των Maté-Muñoz et al. (2018), όπου φάνηκε αύξηση των επιπέδων γαλακτικού στο αίμα μετά από 3 διαφορετικά προγράμματα CrossFit. Πιο συγκεκριμένα, τα προγράμματα που εξετάστηκαν ήταν η γυμναστική (κρίκοι, μονόζυγο, κ.λπ.), μεταβολική προπόνηση και άρση βαρών. Η διαφορά των προγραμμάτων των Maté-Muñoz et al. (2018) συγκριτικά με τα προγράμματα της παρούσας έρευνας, είναι πως αυτοί απομόνωσαν 3 βασικά είδη γυμναστικής που ενσωματώνονται στην προπόνηση Crossfit, ενώ στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν συνδυαστικά. Παρομοίως, μια μελέτη από τους Perciavalle et al. (2016), στην οποία αξιολογήθηκαν τα επίπεδα του γαλακτικού σε 15 άνδρες αθλητές CrossFit, πριν και μετά τη προπόνηση, βρέθηκαν σημαντικές αυξήσεις και τα επίπεδα του γαλακτικού μετά την προπόνηση ήταν στα 13,8 mmol/L. Ωστόσο, οι ερευνητές αυτοί βρήκαν πως τα επίπεδα του γαλακτικού επέστρεψαν στα βασικά επίπεδα μετά από 15 λεπτά, ενώ τα ευρήματα της παρούσας μελέτης έδειξαν πως τα επίπεδα του γαλακτικού στο αίμα, παρά τη σημαντική τους πτώση, παρέμεναν υψηλότερα από τα βασικά επίπεδα και στα 4 διαφορετικά προγράμματα. Πιθανώς αυτή η διαφορά στο ρυθμό απομάκρυνσης του γαλακτικού από το αίμα να οφείλεται τόσο περιεχόμενο της προπόνησης, αλλά και στο διαφορετικό προπονητικό επίπεδο των αθλητών, καθώς στην μελέτη των Perciavalle et al. (2016) οι αθλητές ήταν επαγγελματίες. Για παράδειγμα, η προπόνηση Crossfit που αξιολογήθηκε ακολουθούσε τον κανόνα των 27–21–15–9 επαναλήψεων χωρίς διάλλειμα. Δεδομένου ότι το συγκεκριμένο πρωτόκολλο άσκησης είναι αρκετά απαιτητικό, πιθανώς το επίπεδο των αθλητών να είναι ο κύριος παράγοντας που εξηγεί τις διαφορές σε σύγκριση με τη δική μας μελέτη.

Γενικά, τα ευρήματα της βιβλιογραφίας συνηγορούν υπέρ του ευρήματος πως τα επίπεδα του γαλακτικού αυξάνονται και είναι υψηλά αμέσως μετά από μια προπόνηση

CrossFit. Αυτή η αύξηση φαίνεται να εμφανίζεται στην αρχή της προπόνησης, ενώ οι Tibana et al. (2018) βρήκαν πως τα επίπεδα του γαλακτικού μπορεί να παραμένουν αυξημένα για έως και 30 λεπτά μετά από μία προπονητική μονάδα. Πρέπει όμως να αναφερθεί πως το προπονητικό πρωτόκολλο που χρησιμοποίησαν οι συγκεκριμένοι ερευνητές ήταν διαφορετικό και οι αθλητές λιγότερο προπονημένοι και έμπειροι, γεγονός που πιθανώς να εξηγεί τον μεγαλύτερο χρόνο παραμονής του γαλακτικού σε υψηλά επίπεδα στο αίμα. Συγκεκριμένα, οι ερευνητές αξιολόγησαν δύο διαφορετικές προπονήσεις Crossfit, οι οποίες όμως βασιζόντουσαν στο κοινό χαρακτηριστικό ότι και οι δύο περιλάμβαναν καρδιοαναπνευστικές ασκήσεις και ασκήσεις με έντονη χρήση της μυϊκής δύναμης, όπως κινήσεις γυμναστικής (μονόζυγα, κ.λπ), ασκήσεις δύναμης και ισχύος, καθώς και μεταβολική προπόνηση(Tibana et al., 2018).

Ακόμη, ορισμένες μελέτες παρουσίασαν διαφορές στα επίπεδα του γαλακτικού μετά από προπονήσεις CrossFit, ως αποτέλεσμα διαφορετικών προγραμμάτων, ανάλογα με το περιεχόμενο και τον προπονητικό στόχο της ημέρας (Barbieri et al., 2019; Maté-Muñoz et al., 2018; Timón et al., 2019). Αντιθέτως, υπάρχουν και αναφορές για παρόμοιες αποκρίσεις μεταξύ διαφορετικών ημερών προπόνησης CrossFit (Durkalec-Michalski et al., 2018; Tibana et al., 2019b). Στην παρούσα μελέτη, όπου τα προγράμματα που εξετάστηκαν ήταν διαφορετικά, παρατηρήθηκαν διαφορές στα επίπεδα του γαλακτικού στο αίμα, αλλά όχι σε όλα τα προγράμματα. Τα προγράμματα Γ και Β, ενώ είχαν σχεδιαστεί να προκαλούν διαφορετικές επιβαρύνσεις στο καρδιαγγειακό σύστημα εμφάνισαν παρόμοια αύξηση στα επίπεδα του γαλακτικού, που άγγιζε τα 19 mmol/l, αν και το πρόγραμμα Γ οδήγησε σε πιο παρατεταμένη απομάκρυνση του γαλακτικού στα 15 λεπτά μετά την άσκηση. Παρά το γεγονός, ότι το πρόγραμμα Β είχε σχεδιαστεί ως πρόγραμμα προπόνησης της καρδιοαναπνευστικής αντοχής και το πρόγραμμα Γ για την προπόνηση τα μυϊκής αντοχής, χαρακτηριστικό και των δύο προγραμμάτων ήταν ο σύντομος χρόνος εκτέλεσης των ασκήσεων. Επομένως, η μεγάλη και παρόμοια αύξηση του γαλακτικού στα δύο αυτά προγράμματα φαίνεται πως μπορεί τελικά να αιτιολογηθεί. Αντιθέτως, τα προγράμματα Α και Δ παρουσίασαν παρόμοια απόκριση του γαλακτικού στο αίμα, με συγκεντρώσεις κοντά στα 16 mmol/l αλλά χαμηλότερη από αυτή που παρατηρήθηκε στα προγράμματα Β και Γ.

Η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης φαίνεται να ακολουθεί μια παρόμοια πορεία με την απόκριση της καρδιακής συχνότητας μεταξύ των διαφορετικών

προγραμμάτων. Συγκεκριμένα, η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης παρουσίασε την χαμηλότερη τιμή της σε όλες τις χρονικές στιγμές που αξιολογήθηκε στο πρόγραμμα Α. Το πρόγραμμα Β, επίσης παρουσίασε χαμηλότερες τιμές συγκριτικά με τα προγράμματα Γ και Δ, μέχρι τα μέση της προπόνησης. Αυτό το εύρημα έρχεται σε αντίθεση με προηγούμενα ευρήματα που αφορούν τους βιοδείκτες, καθώς το πρόγραμμα Β ήταν αυτό με τις υψηλότερες τιμές μέγιστης και μέσης καρδιακής συχνότητας σε αυτό το χρονικό σημείο. Από την άλλη πλευρά όμως, οι τιμές της υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης συγκλίνουν στο τέλος και 15 λεπτά μετά την ολοκλήρωση για τα προγράμματα Β, Γ και Δ. Το εύρημα αυτό είναι αναμενόμενο, καθώς η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης βρέθηκε να σχετίζεται σημαντικά και θετικά με την απόκριση της καρδιακής συχνότητας στα διάφορα προγράμματα άσκησης. Επομένως, δεδομένου ότι παρατηρήθηκαν παρόμοιες ανταποκρίσεις στην καρδιακή συχνότητα μεταξύ των προγραμμάτων Β, Γ και Δ, είναι αναμενόμενη και η παρόμοια πορεία στην υποκειμενική αντίληψης της κόπωσης. Μάλιστα, η κατεύθυνση της σχέσης και σε αυτήν την περίπτωση επιβεβαιώνει το γενικό εύρημα σχετικά με την θετική συσχέτιση της καρδιακής συχνότητας και της υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης.

Η παρούσα εμφανίζει ορισμένους περιορισμούς και οριοθετήσεις. Ένας βασικός περιορισμός αφορά στο δείγμα που έλαβε μέρος στην έρευνα. Αρχικά ο αριθμός του δείγματος θεωρείται σχετικά μικρός, με αποτέλεσμα τα αποτελέσματα να μην προσφέρονται για γενικεύσεις, ενώ και η μικρή συμμετοχή γυναικών δεν επιτρέπει την εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων για το συγκεκριμένο φύλο. Επιπλέον, το γεγονός ότι οι συμμετέχοντες ήταν όλοι αθλητές του CrossFit δεν μας επιτρέπει τη δυνατότητα εφαρμογής των τεσσάρων προγραμμάτων στο γενικό πληθυσμό, διότι πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία σκοπιμότητας, ώστε να μπορούν να ανταποκριθούν οι συμμετέχοντες σε αυτά τα δύσκολα προγράμματα. Επίσης, οι δυσκολίες που υπήρχαν λόγω των μέτρων της πανδημίας Covid-19 δεν επέτρεψαν τη διεύρυνση του αριθμού των συμμετεχόντων. Επιπλέον, ένας άλλος σημαντικός περιορισμός έχει να κάνει με τη φύση των τεσσάρων προγραμμάτων, τα οποία σχεδιάστηκαν με σκοπό τη μελέτη συγκεκριμένων πεδίων, όπως ορίζει και ο σκοπός της εργασίας. Αυτό ωστόσο περιορίζει το εύρος των ασκήσεων που θα μπορούσαν να ενταχθούν, και οι οποίες πιθανών να έδιναν περαιτέρω στοιχεία.

Αξιολογώντας συνολικά τα αποτελέσματα φαίνεται πως τα προγράμματα ισχύος υψηλής έντασης αποτελούν προγράμματα που ενεργοποιούν σε μεγάλη έκταση τόσο τον

αερόβιο όσο και τον αναερόβιο μεταβολισμό, οδηγώντας σε μεγάλη επιβάρυνση τις φυσιολογικές λειτουργίες των αθλητών. Το πρόγραμμα Β λόγω της διάρκειας και της φύσης των ασκήσεων (πλειομετρικές) έφτασε σχεδόν τη μέγιστη καρδιακή συχνότητα του αερόβιου εργαστηριακού τεστ, ενώ το Β, Γ και Δ έφτασαν σε παρόμοια επίπεδα γαλακτικού με τη συγκέντρωση στις δοκιμασίες Wingate. Συμπερασματικά, τα συγκεκριμένα προγράμματα ανταποκρίνονται στις ανάγκες για βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής αντοχής και αντοχής στη δύναμη των αθλητών στο συγκεκριμένο είδος προπόνησης και δείχνουν να συσχετίζονται τα περισσότερα με τις κλασσικές εργομετρικές δοκιμασίες.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα έρευνα εστίασε στις φυσιολογικές και μεταβολικές αποκρίσεις ενός δείγματος έμπειρων αθλητών CrossFit σε τέσσερα διαφορετικά προπονητικά προγράμματα. Από τα ευρήματα συμπεραίνεται πως η προπόνηση CrossFit, ακόμη και όταν σχεδιάζεται για να προπονηθούν διαφορετικές αθλητικές παράμετροι, φαίνεται να οδηγεί σε υψηλές φυσιολογικές και μεταβολικές απαιτήσεις για τον οργανισμό. Τόσο οι τιμές τις καρδιακής συχνότητας (μέγιστες και μέσες τιμές), όσο και τα επίπεδα του γαλακτικού στο αίμα των αθλητών, υποδεικνύουν εκτεταμένη χρήση του αερόβιου και του αναερόβιου μεταβολισμού, ανεξάρτητα με το αν το πρόγραμμα είναι σχεδιασμένο ώστε να εστιάζει στην καρδιοαναπνευστική αντοχή η στην αναερόβια ικανότητα.

Τα ευρήματα αυτά είναι αρκετά σημαντικά και θα μπορούσαν να αποτελέσουν χρήσιμη πληροφορία για τους προπονητές του συγκεκριμένου αθλήματος, καθώς θα μπορούν να λάβουν υπόψιν το μέγεθος αλλά και το είδος της επιβάρυνσης που υφίστανται οι αθλητές τους. Αυτό θα τους βοηθήσει να κατανοήσου καλύτερα τις φυσιολογικές και μεταβολικές απαιτήσεις του αθλήματος και να σχεδιάζουν καλύτερα τα προπονητικά τους προγράμματα, ώστε να ορίζουν ένα πλαίσιο περιοδικότητας που θα επιτρέπει στους αθλητές να επιτυγχάνουν τους αθλητικούς του στόχους, μειώνοντας παράλληλα τον κίνδυνο τραυματισμού και υπερπροπόνησης.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Adami, P.E., Rocchi J.E., Melke, N., De Vito, G., Bernardi, M., & Macaluso, A. (2022). Physiological profile comparison between high-intensity functional training, endurance, and power athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 122(5), 531-39.

2. Adami, P.E., Rocchi J.E., Melke, N., & Macaluso, A. (2021). Physiological profile of high-intensity functional training athletes*. Journal of Human Sport and Exercise*, 16(4), 675-688.

3. American College of Sports Medicine. (2006). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription, In: *American College of Sport Medicine* (Ed.), 7th ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 289.

4. Amundsen, B.H., Rognmo, O., Hatlen-Rebhan, G., & Slordahl, S.A. (2008). High-intensity aerobic exercise improves diastolic function in coronary artery disease. *Scandinavian Cardiovascular Journal*, 42(2), 110-117.

5. Bahremand, M., Hakak Dokht, E., & Moazzami, M. (2020). A comparison of CrossFit and concurrent training on myonectin, insulin resistance and physical performance in healthy young women. *Archives of physiology and biochemistry*, 1–7.

6. Barbieri JF, Figuiredo, G.T.D.A., Castano L.A.A., Guiaraes, P.D.S., Ferreira, R.R., Ahmadi, S., Gaspari, A.F., & De Moraes A.C. (2019). A comparison of cardiorespiratory responses between CrossFit® practitioners and recreationally trained individuals. *Journal of Physical Education and Sport*, 19 (3), 1606-11.

7. Barfield, J. P., Channell, B., Pugh, C., Tuck, M., & Pendel, D. (2012). Format of basic instruction program resistance training classes: Effect on fitness change in college students*. The Physical Educator*, 69, 325-341

8. Butcher, S.J., Neyedly, T.J., Horvey, K.J., & Benko, C.R. (2015). Do physiological measures predict selected CrossFit benchmark performance? *Open Access Journal of Sports Medicine*, 6, 241-247.

9. Claudino, J. G., Gabbett, T. J., Bourgeois, F., Souza, H. S., Miranda, R. C., Mezêncio, B., Soncin, R., Cardoso Filho, C. A., Bottaro, M., Hernandez, A. J., Amadio, A. C., & Serrão, J. C. (2018). CrossFit Overview: Systematic Review and Meta-analysis. *Sports medicine - open*, *4*(1), 11. Farrar R.E., Mayhew JL., Koch AJ. (2010). Oxygen cost of kettlebell swings*. Journal of Strength & Conditioning Research*, 24, 1034–36.

10. Fernandez-Fernandez., J., Sabildo - Solana, R., Moya, D., Sarabia, J., & Moya, M. (2015). Acute physiological responses during Crossfit workouts. *European Journal of Human Movement*, 35,114-24.

11. Glassman G. (2007). Understanding CrossFit. *The CrossFit Journal*. Retrieved from: http://journal.crossfit.com/2007/04/understanding-crossfit-by-greg.tpl

12. Glassman, G. (2005). www.crossfit.com. *The CrossFit Journal*, 40, 1-5.

13. Glassman, G., et al. (2010). CrossFit training guide. *The CrossFit Journal*. Retrieved from: http://journal.crossfit.com

14. Kliszczewicz B., Snarr RL., & Esco MR. (2014). Metabolic and cardiovascular response to the CrossFit workout "Cindy". *Journal of Sport and Human Performance*. 2(2):1-9.

15. Martínez-Gómez, R., Valenzuela, P. L., Alejo, L. B., Gil-Cabrera, J., Montalvo-Pérez, A., Talavera, E., Lucia, A., Moral-González, S., & Barranco-Gil, D. (2020). Physiological Predictors of Competition Performance in CrossFit Athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(10), 3699. https://doi.org/10.3390/ijerph17103699

16. Maté-Muñoz, J.L., Lougedo, J.H, Barba M., Garcıa-Fernandez P., Garnacho-Castaño MV., & Domınguez R. (2017). Muscular fatigue in response to different modalities of CrossFit sessions. *PLoS ONE*, 12(7), e0181855.

17. Maté-Muñoz, J. L., Lougedo, J. H., Barba, M., Cañuelo-Márquez, A. M., Guodemar-Pérez, J., García-Fernández, P., Lozano-Estevan, M. D. C., Alonso-Melero, R., Sánchez-Calabuig, M. A., Ruíz-López, M., de Jesús, F., & Garnacho-Castaño, M. V. (2018). Cardiometabolic and Muscular Fatigue Responses to Different CrossFit® Workouts. *Journal of sports science & medicine*, *17*(4), 668–679.

18. Perciavalle, V., Marchetta, N. S., Giustiniani, S., Borbone, C., Perciavalle, V., Petralia, M. C., Buscemi, A., & Coco, M. (2016). Attentive processes, blood lactate and CrossFit®. *The Physician and Sportsmedicine,* 44(4), 403–406.

19. Smith, M.M., Sommer, A.J., Starkoff, B,E., & Devor, S.T. (2013). CrossFit -based high-intensity power training improves maximal aerobic fitness and body composition. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(11),3159-72.

20. Tibana, R. A., de Almeida, L. M., Frade de Sousa, N. M., Nascimento, D.daC., Neto, I. V., de Almeida, J. A., de Souza, V. C., Lopes, M.deF., Nobrega, O.deT., Vieira, D. C., Navalta, J. W., & Prestes, J. (2016). Two consecutive days of Crossfit training affects pro and anti- inflammatory cytokines and osteoprotegerin without impairments in muscle power. *Frontiers in Physiology*, 7,260. doi: 10.3389/fphys.2016.00260.