



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΦΥΣΙΚΗ ΑΓΩΓΗ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ»

«ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΟΚΡΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗ  
ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΥΚΛΙΚΗ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ ΜΕ  
ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΕΡΙΟΔΩΝ ΑΣΚΗΣΗΣ  
ΚΑΙ ΔΙΑΛΕΙΜΜΑΤΟΣ»

Κωνσταντίνα Καραγιάννη

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία  
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΠΕΛΙΟ: ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗ ΑΘΛΗΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: ΚΛΑΣΙΚΟΣ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2024

© Copyright  
Κωνσταντίνα Καραγιάννη  
Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού  
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού  
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών  
Εθνικής Αντιστάσεως 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα

Σημείωμα Συγγραφέα  
Το δοκίμιο αυτό αποτελεί Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία που συντάχθηκε για το Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Φυσική Αγωγή και Αθλητισμός», της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του ΕΚΠΑ και υποβλήθηκε τον Ιούνιο του 2024.

Η συγγραφέας βεβαιώνει ότι το περιεχόμενο του παρόντος έργου είναι αποτέλεσμα προσωπικής εργασίας και ότι έχει γίνει η κατάλληλη αναφορά στην εργασία τρίτων –όπου κάτι τέτοιο ήταν απαραίτητο-, σύμφωνα με τους κανόνες της ακαδημαϊκής δεοντολογίας.

## **Μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής<sup>1</sup>**

Επιβλέπων Καθηγητής  
Γρηγόριος Μπογδάνης, Καθηγητής Προπονητικής

Γεράσιμος Τερζής  
Καθηγητής Διδακτικής και Προπονητικής Ρίψεων

Ολύβια Δόντη  
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Διδακτικής και Προπονητικής Βασικής Γυμναστικής

---

<sup>1</sup> Στο αντίγραφο της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας αναφέρονται τα ονόματα του Επιβλέποντα Καθηγητή και των δύο άλλων μελών της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής

**Πρακτικό της Εξεταστικής Επιτροπής  
για την κρίση της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας**



**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικών και Καποδιστριακών  
Πανεπιστημίων Αθηνών**

— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "ΦΥΣΙΚΗ ΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ"

**ΠΡΑΚΤΙΚΟ  
ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ  
ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ  
Της Κωνσταντίνας Καραγιάννη**

Η τριμελής εξεταστική επιτροπή, που ορίστηκε από τη Συνέλευση του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών στη συνεδρία της 24/11/2022 για την κρίση και αξιολόγηση της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας της **κας Κωνσταντίνας Καραγιάννη** με τίτλο: «Φυσιολογικές αποκρίσεις και απόδοση κατά την κυκλική προπόνηση με διαφορετική διάρκεια περιόδων άσκησης και διαλείμματος» αποτελούμενη από τους κ.κ. **Γ. Μπογδάνη**, Καθηγητή της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (επιβλέπων), **Γ. Τερζή**, Καθηγητή της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, **Ο. Δόντη**, Αναπλ. Καθηγήτρια της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, εκλήθησαν σήμερα 21/6/2024 ημέρα Παρασκευή και ώρα 14:00 ύστερα από επίσημη έγγραφη πρόσκληση στο Αμφιθέατρο Ε. Παυλίνη της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, προκειμένου να κρίνουν και αξιολογήσουν την παραπάνω διπλωματική.

Μετά από διεξοδική συζήτηση και ανταλλαγή απόψεων μεταξύ των μελών της εξεταστικής επιτροπής κατέληξαν ότι η κρινόμενη διπλωματική πληροί όλους τους όρους εκπόνησής της, είναι πρωτότυπη και προάγει την επιστημονική γνώση και ως εκ τούτου κρίνεται αποδεκτή και εγκρίνεται.

Τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής:

**Γ. Μπογδάνης**, Καθηγητής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

**Γ. Τερζής**, Καθηγητής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

**Ο. Δόντη**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

## Έκφραση Ευχαριστιών

Η μελέτη αυτή χρειάστηκε την άμεση και έμμεση συμβολή πολλών ανθρώπων και θα ήθελα να τους ευχαριστήσω για αυτό. Πρώτο από όλους, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Γρηγόριο Μπογδάνη, ο οποίος αποτέλεσε κάτι παραπάνω από μέντορα για την μέχρι τώρα πορεία μου. Η στήριξη, οι γνώσεις, το κίνητρο και κυρίως η έμπνευση που μου παρείχε θα αποτελούν δια βίου αξίες ανεκτίμητες. Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω και τους υπόλοιπους καθηγητές της ομάδας, την κυρία Ολύβια Δόντη και τον κύριο Γεράσιμο Τερζή, που συνέβαλαν με τις γνώσεις και την εμπειρία τους στην προσπάθεια διεκπεραίωσης αυτής της μελέτης.

Εξίσου, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή Αθανάσιο Τσούκο, για τον χρόνο που αφιέρωσε, τόσο πρακτικά όσο και θεωρητικά, για την διεξαγωγή αυτής της μελέτης. Επίσης, ευχαριστώ την Δέσποινα Πετράκη για την συμβολή της στην διεξαγωγή των μετρήσεων κατά την διάρκεια της μελέτης. Ένα μεγάλο ευχαριστώ στους συμμετέχοντες αυτής της μελέτης που ήταν πρόθυμοι και συνεπείς στην διαδικασία παρά τις δύσκολες συνθήκες. Χωρίς εκείνους δεν θα υπήρχε κανένα αποτέλεσμα.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους κοντινούς μου ανθρώπους αλλά και τους γονείς μου, Φαίδρα, Ναταλία, Δημήτρη, Φωτεινή, Μιχάλη, για την ψυχολογική ενθάρρυνση και στήριξη με όλα τα μέσα προκειμένου να μπορέσω να ολοκληρώσω αυτήν την διαδικασία. Ήταν ένας προς έναν σημαντικοί παράγοντες στην επίτευξη αυτού του στόχου.

# ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΟΚΡΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΥΚΛΙΚΗ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΕΡΙΟΔΩΝ ΑΣΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΛΕΙΜΜΑΤΟΣ

## Περίληψη

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να συγκριθούν φυσιολογικές αποκρίσεις και η απόδοση κατά την κυκλική προπόνηση με διαφορετική διάρκεια περιόδων άσκησης και διαλείμματος, κρατώντας ίδια τη σχέση άσκησης: διαλείμματος, καθώς και το συνολικό χρόνο άσκησης. Στην μελέτη συμμετείχαν 12 υγιείς άνδρες ηλικίας  $22.43 \pm 1.79$  ετών και αποτέλεσαν δειγματοληψία ευκολίας. Οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε δύο προπονητικές συνθήκες σε τυχαία και ισοσταθμισμένη σειρά. Η μία συνθήκη αποτελούνταν από 24s άσκησης – 36s διαλείμματος και η άλλη συνθήκη από 2 σετ των 12s άσκησης – 18s διαλείμματος, για 2 γύρους των 6 λειτουργικών ασκήσεων στο 30% της 1ΜΑΕ και 2 λεπτά διάλειμμα μεταξύ των γύρων. Καθ' όλη τη διάρκεια του πρωτοκόλλου καταγράφηκε η καρδιακή συχνότητα και η μυϊκή οξυγόνωση του δικέφαλου και τρικέφαλου βραχιονίου μυ. Πριν την παρέμβαση, μεταξύ των 2 γύρων αλλά και αμέσως μετά καταγράφηκε ο δείκτης αντιλαμβανόμενης προσπάθειας (RPE), τα επίπεδα της αρτηριακής πίεσης και της συγκέντρωσης γαλακτικού, ενώ πριν και αμέσως μετά την παρέμβαση υπολογίστηκε η ισομετρική δύναμη χειρολαβής των άνω άκρων. Κατά την συνθήκη 12-18s, σημειώθηκε συνολικά μεγαλύτερος αριθμός επαναλήψεων σε σύγκριση στη συνθήκη 24-36s ( $312 \pm 5$  έναντι των  $298 \pm 7$ ,  $p = 0.002$ ) με την διαφορά να ανέρχεται ποσοστιαία στο 5%. Οι μέγιστες τιμές της συγκέντρωσης γαλακτικού (24-36 s:  $11,3 \pm 1,9$  , 12-18s:  $10,8 \pm 1,5$  mmol/L,  $p < 0,001$ ), της αρτηριακής πίεσης (συστολική 24-36 s:  $143 \pm 23$  mmHg, 12-18 s  $151 \pm 22$  mmHg,  $p < 0.001$ , διαστολική 24-36 s:  $64 \pm 14$  mmHg, 12-18s:  $64 \pm 15$  mmHg,  $p = 0,21$ ) και των τιμών RPE (24-36 s =  $8,6 \pm 1,2$  , 1-18s =  $8,4 \pm 1,5$ ,  $p < 0,001$ ) εμφάνισαν στατιστικώς σημαντική διαφορά στον παράγοντα χρόνο, ωστόσο δεν εμφάνισαν διαφορά μεταξύ των συνθηκών. Επίσης, το επίπεδο μυϊκής οξυγόνωσης σημείωσε παρόμοιες τιμές μεταξύ των συνθηκών ( $p < 0.001$ ). Συμπερασματικά, ένα πρωτόκολλο υψηλής έντασης με μικρή διάρκεια άσκησης-διαλείμματος (12-18s) μπορεί να επιφέρει καλύτερη απόδοση, καθώς σημειώνεται μεγαλύτερος συνολικά αριθμός επαναλήψεων σε σχέση με ένα πρωτόκολλο μεγαλύτερης διάρκειας (24-36 s), ενώ οι φυσιολογικές και μεταβολικές αποκρίσεις ήταν παρόμοιες μεταξύ των δύο συνθηκών.

**Λέξεις κλειδιά:** Διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης, μυϊκή οξυγόνωση, κόπωση, λειτουργική προπόνηση, προπόνηση αντιστάσεων

# **EFFECTS OF DIFFERENT BOUTS OF HIGH INTENSITY FUNCTIONAL CIRCUIT TRAINING ON PHYSIOLOGICAL RESPONSES AND PERFORMANCE**

Karagianni Konstantina

School of Physical Education & Sport Science, National and Kapodistrian UA

## **Abstract**

The aim of this study is to compare physiological responses and performance during circuit training with different durations of exercise and rest periods, maintaining the same exercise-to-rest ratio and total exercise time. The study involved 12 healthy men, aged  $22.43 \pm 1.79$  years, who were a convenience sample. The participants underwent two training conditions in a randomized and counterbalanced order. One condition consisted of 24 seconds of exercise followed by 36 seconds of rest, and the other condition consisted of 2 sets of 12 seconds of exercise followed by 18 seconds of rest, for 2 rounds of 6 functional exercises at 30% of 1RM (One-Repetition Maximum) with a 2-minute break between rounds. Throughout the protocol, heart rate and muscle oxygenation of the biceps and triceps brachii muscles were recorded. Before the intervention, between the two rounds, and immediately after, the rating of perceived exertion (RPE), blood pressure levels, and lactate concentration were measured. Additionally, before and immediately after the intervention, the isometric handgrip strength of the upper limbs was assessed. During the 12-18s condition, there was a significantly higher total number of repetitions compared to the 24-36s condition ( $312 \pm 5$  vs.  $298 \pm 7$ ,  $p < 0.02$ ), with the difference amounting to a 5% increase. The maximum values of lactate concentration (24-36 s:  $11.3 \pm 1.9$ , 12-18s:  $10.8 \pm 1.5$  mmol/L,  $p < 0.001$ ), blood pressure (systolic 24-36 s:  $143 \pm 23$  mmHg, 12-18 s:  $151 \pm 22$  mmHg,  $p < 0.001$ , diastolic 24-36 s:  $64 \pm 14$  mmHg, 12-18s:  $64 \pm 15$  mmHg,  $p = 0.21$ ) and RPE values (24-36 s =  $8.6 \pm 1.2$ , 12-18s =  $8.4 \pm 1.5$ ,  $p = 0.00$ ) showed statistically significant differences over time; however, there were no differences between the conditions. Additionally, the level of muscle oxygenation showed similar values between the conditions ( $p = 0.00$ ). In conclusion, a high-intensity protocol with shorter exercise-rest durations (12-18s) can lead to better performance, as it results in a higher total number of repetitions compared to a longer duration protocol (24-36s), while physiological and metabolic responses were similar between the two conditions.

**Key words:** High intensity interval training, muscle oxygenation, fatigue, functional training, resistance training

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πρακτικό της Εξεταστικής Επιτροπής για την κρίση της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας.....	iv
Έκφραση Ευχαριστιών.....	v
Περίληψη στην ελληνική γλώσσα.....	vi
Περίληψη στην αγγλική γλώσσα (Abstract).....	vii
Πίνακας Περιεχομένων.....	viii
Κατάλογος Πινάκων.....	ix
Κατάλογος Σχημάτων/Εικόνων/Γραφημάτων.....	x
Κατάλογος Συμβόλων και Συντομογραφιών.....	x
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>σελ.1</b>
Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος .....	σελ.1
Σκοπός της μελέτης.....	σελ.3
Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις .....	σελ.3
Σημασία της έρευνας .....	σελ.3
Οριοθετήσεις και περιορισμοί .....	σελ.3
Περιγραφή των όρων .....	σελ.3
<b>ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ</b> .....	<b>σελ.5</b>
Βασικά χαρακτηριστικά της προπόνησης με αντιστάσεις .....	σελ.5
Διαλειμματική Προπόνηση Υψηλής Έντασης (High Intensity Interval Training; ΗΙΤ).....	σελ.6
Λειτουργική Προπόνηση Υψηλής Έντασης (High Intensity Functional Training; ΗΙFT).....	σελ.7
Κυκλική Προπόνηση με αντιστάσεις.....	σελ.8
Φυσιολογικές και μεταβολικές αποκρίσεις κατά την Κυκλική Προπόνηση .....	σελ.9
Φυσιολογικές αποκρίσεις κατά την Κυκλική Προπόνηση.....	σελ.9
Καρδιακή Συχνότητα .....	σελ.9
Μυϊκή οξυγόνωση.....	σελ.10
Αρτηριακή πίεση.....	σελ.11
Υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης (RPE Borg scale) .....	σελ.11
Μεταβολικές αποκρίσεις κατά την Κυκλική Προπόνηση.....	σελ.13
Επίπεδα Γαλακτικού.....	σελ.13



<b>ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ</b> .....	<b>σελ.14</b>
Συμμετέχοντες .....	σελ.14
Διαδικασία.....	σελ.14
Πειραματική παρέμβαση.....	σελ.15
Α Συνθήκη (Κλασσική) .....	σελ.15
Β Συνθήκη (Με σύντομα διαλείμματα) .....	σελ.15
Όργανα και Μέθοδοι συλλογής των δεδομένων .....	σελ.15
Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά .....	σελ.15
Μέγιστος αριθμός επαναλήψεων 1-ΜΑΕ .....	σελ.15
Καρδιακή συχνότητα.....	σελ.16
Μυϊκή Οξυγόνωση .....	σελ.16
Αρτηριακή πίεση .....	σελ.16
Υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης (RPE) .....	σελ.16
Επίπεδο γαλακτικού .....	σελ.16
Μέγιστη Εκούσια Ισομετρική Συστολή χειρολαβής.....	σελ.16
Στατιστική ανάλυση .....	σελ.17
<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b> .....	<b>σελ.18</b>
Αποτελέσματα Προκαταρκτικών Μετρήσεων .....	σελ.18
Αποτελέσματα Κύριων Μετρήσεων .....	σελ.19
Επίδραση των συνθηκών στον αριθμό επαναλήψεων.....	σελ.19
Επίδραση των συνθηκών στην καρδιακή συχνότητα.....	σελ.20
Επίδραση των συνθηκών στην μυϊκή οξυγόνωση .....	σελ.21
Επίδραση των συνθηκών στα επίπεδα της αρτηριακής πίεσης.....	σελ.24
Επίδραση των συνθηκών στην υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης .....	σελ.25
Επίδραση των συνθηκών στα επίπεδα γαλακτικού .....	σελ.25
Επίδραση των συνθηκών στην μέτρηση ισομετρικής δύναμης στην λαβή των άνω άκρων.....	σελ.26
<b>ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	<b>σελ.27</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ</b> .....	<b>σελ.35</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b> .....	<b>σελ.44</b>
Παράρτημα 1. Τίτλος Έντυπο συγκατάθεσης συμμετεχόντων.....	

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 4.1. Σωματομετρικά χαρακτηριστικά .....	σελ.18
Πίνακας 4.2. Μέγιστη Δύναμη (1 Rep max, 30% - 1 Rep max).....	σελ.18
Πίνακας 4.3. Μέγιστη αερόβια ικανότητα και Μέγιστη καρδιακή συχνότητα στο παλίνδρομο τρέξιμο 20 μέτρων .....	σελ.18

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ/ ΕΙΚΟΝΩΝ/ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 4.1. Συνολικός αριθμός επαναλήψεων συνθήκης 24-36 s και συνθήκης 12-18 s, $p = 0,04$ .....	σελ.19
Σχήμα 4.2. Σύγκριση επαναλήψεων ανά άσκηση και ανά γύρο μεταξύ των συνθηκών 24-36 s και 12-18 s .....	σελ.20
Σχήμα 4.3. Μέσος όρος $\pm$ Τυπική απόκλιση τιμών οξυγονωμένης (O <sub>2</sub> Hb), αποξυγονωμένης (HHb) και συνολικής (tHb) αιμοσφαιρίνης του τρικέφαλου βραχιονίου μυ για τον πρώτο (R1) και δεύτερο (R2) γύρο της προπόνησης 24-36 s .....	σελ.21
Σχήμα 4.4. Μέσος όρος $\pm$ Τυπική απόκλιση τιμών οξυγονωμένης (O <sub>2</sub> Hb), αποξυγονωμένης (HHb) και συνολικής (tHb) αιμοσφαιρίνης του τρικέφαλου βραχιονίου μυ για τον πρώτο (R1) και δεύτερο (R2) γύρο της προπόνησης 12-18 s .....	σελ.22
Σχήμα 4.5. Μέσος όρος $\pm$ Τυπική απόκλιση τιμών οξυγονωμένης (O <sub>2</sub> Hb), αποξυγονωμένης (HHb) και συνολικής (tHb) αιμοσφαιρίνης του δικέφαλου βραχιονίου μυ για τον πρώτο (R1) και δεύτερο (R2) γύρο της προπόνησης 24-36 s .....	σελ.22
Σχήμα 4.6. Μέσος όρος $\pm$ Τυπική απόκλιση τιμών οξυγονωμένης (O <sub>2</sub> Hb), αποξυγονωμένης (HHb) και συνολικής (tHb) αιμοσφαιρίνης του δικέφαλου βραχιονίου μυ για τον πρώτο (R1) και δεύτερο (R2) γύρο της προπόνησης 12-18 s .....	σελ.23
Σχήμα 4.7. Μέσος όρος τιμών RPE (Δεικτής Αντιλαμβανόμενης προσπάθειας) .....	σελ.24
Σχήμα 4.8. Μέσος όρος τιμών γαλακτικού .....	σελ.25

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

<b>RPE</b>	Rate of Perceived Exertion .....	σελ.11
<b>MVIC</b>	Maximum Voluntary Isometric Contraction.....	σελ.14
<b>24-36 s διάλειμμα</b>	24 δευτερόλεπτα άσκηση – 36 δευτερόλεπτα .....	σελ.15
<b>12-18 s διάλειμμα</b>	12 δευτερόλεπτα άσκηση – 18 δευτερόλεπτα .....	σελ.15

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### Ορισμός και Διατύπωση του Προβλήματος

Η συστηματική άσκηση είναι απαραίτητη τόσο για τη διατήρηση της υγείας όσο και για τη βελτίωση της αθλητικής απόδοσης. Είναι ευρέως γνωστό πώς η συστηματική συμμετοχή σε προγράμματα άσκησης προάγει τη διατήρηση και τη βελτίωση της ευρωστίας και της υγείας του γενικού πληθυσμού (Eckstrom et al., 2020). Παράλληλα, αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο της προπόνησης των αθλητών, με στόχο τη βελτίωση της αθλητικής απόδοσης (Fossati et al., 2021). Τα διαφορετικά είδη άσκησης προκαλούν ανάλογες προσαρμογές στα διαφορετικά φυσιολογικά συστήματα.

Η επίδραση της αερόβιας άσκησης σε διαφορετικά φυσιολογικά συστήματα έχει μελετηθεί εκτενώς και φαίνεται να έχει πολλαπλά οφέλη για διαφορετικούς πληθυσμούς. Είναι πλέον γνωστή η επίδραση της συστηματικής αερόβιας άσκησης στην πρόληψη και αποκατάσταση των καρδιαγγειακών και μεταβολικών νοσημάτων (Cao et al., 2019· Mehta et al., 2020), στην αύξηση και διατήρηση της εγκεφαλικής λειτουργίας (Firth et al., 2018), στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των καρκινοπαθών (Bekhet et al., 2019) και στη διαχείριση ψυχιατρικών νοσημάτων (Morres et al., 2019).

Παράλληλα, τις τελευταίες δεκαετίες υπάρχει αυξημένο ερευνητικό ενδιαφέρον για την επίδραση της άσκησης με αντιστάσεις. Τα βασικότερα οφέλη της άσκησης με αντιστάσεις αφορούν τις θετικές προσαρμογές στη μυϊκή δύναμη τόσο σε υγιείς νέους (Grgic, et al., 2018), όσο και σε ηλικιωμένους, ευπαθείς πληθυσμούς (Peterson et al., 2010). Παράλληλα, με εξειδικευμένη πλειομετρική προπόνηση αντιστάσεων φαίνεται να προκαλούνται προσαρμογές στη μυϊκή ισχύ, στη μυϊκή μάζα και την αλκτική ικανότητα (Behm et al., 2017). Ακόμη, η προπόνηση αντιστάσεων φαίνεται να συμβάλλει στη διατήρηση ή και αύξηση της οστικής πυκνότητας τόσο σε άντρες (Bolam et al., 2013) όσο και σε γυναίκες (Kelley et al., 2001) μέσης και μεγαλύτερης ηλικίας συμβάλλοντας έτσι στην πρόληψη και αντιμετώπιση οστεοπορωτικών καταγμάτων (De Kam et al., 2009). Τέλος, μελέτες αναφέρουν την σημαντική συσχέτιση της προπόνησης με αντιστάσεις με την χαμηλή θνησιμότητα από κάθε αιτία (Saeidifard et al., 2019· Shailendra et al., 2022a). Πιο συγκεκριμένα, έχει αναφερθεί ο μειωμένος κίνδυνος εμφάνισης της στεφανιαίας νόσου στους άνδρες κατά 23%, ενώ η άσκηση με αντιστάσεις μειώνει τον κίνδυνο εμφάνισης διαφόρων μορφών καρκίνου (Shailendra et al., 2022b).

Η άσκηση με αντιστάσεις μπορεί να εκτελεστεί σε διάφορες μορφές, ανάλογα με τον προπονητικό στόχο και το γενικό προπονητικό πλαίσιο. Ο χειρισμός των επιμέρους παραμέτρων του προπονητικού προγράμματος όπως η ένταση, οι επαναλήψεις, η αναλογία άσκησης – διαλείμματος, το είδος μυϊκής σύσπασης και ο προπονητικός όγκος προκαλούν και ανάλογες φυσιολογικές προσαρμογές όπως μυϊκή υπερτροφία, μέγιστη δύναμη και μυϊκή ισχύ (Ratamess et al., 2009). Ο χειρισμός των παραμέτρων του προπονητικού προγράμματος είναι απαραίτητος καθώς φαίνεται πως υπάρχει δοσο-εξαρτώμενη σχέση μεταξύ της έντασης και των αναμενόμενων φυσιολογικών προσαρμογών. Για παράδειγμα,

φαίνεται πως για την ανάπτυξη της μυϊκής μέγιστης δύναμης είναι απαραίτητη η υψηλής έντασης άσκηση (Steib et al., 2010).

Η κυκλική διαλειμματική προπόνηση με αντιστάσεις επιφέρει ένα μεγάλο εύρος προσαρμογών σε διαφορετικά φυσιολογικά συστήματα, καθώς επίσης και μεγαλύτερα ποσοστά παραμονής στο πρόγραμμα λόγω του αισθήματος ευχαρίστησης που προκαλεί και του χαμηλότερου προπονητικού όγκου (Kilpatrick et al., 2014). Στη σύγχρονη βιβλιογραφία, έχει μελετηθεί η αποτελεσματικότητα της μέτριας και υψηλής έντασης κυκλικής προπόνησης σε άτομα παχύσαρκα ή υπέρβαρα με καρδιαγγειακά και μεταβολικά νοσήματα και φάνηκε ότι υπήρξε βελτίωση στη σύσταση σώματος (απώλεια σωματικού λίπους και αύξηση μυϊκής μάζας) αλλά και σε φυσιολογικές παραμέτρους όπως στη μέγιστη αερόβια ικανότητα και μέγιστη μυϊκή δύναμη (Giuliano et al., 2017), γεγονός που υποδεικνύει ότι η κυκλική προπόνηση μπορεί να προσαρμοστεί σε κάθε επίπεδο φυσικής κατάστασης και διαφορετικές παθολογίες. Σε ό,τι αφορά υγιείς πληθυσμούς, φαίνεται πως η αύξηση της αερόβιας ικανότητας μέσω της κυκλικής προπόνησης σε νέους ασκούμενους είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την κλασσικού τύπου συνεχόμενη μέτριας έντασης προπόνηση (Kilpatrick et al., 2014· Milanović et al., 2015). Ωστόσο, η επίδραση των διαφορετικών αναλογίων άσκησης - διαλείμματος στη βελτίωση της αερόβιας ικανότητας παραμένει ασαφής (Kilpatrick et al., 2014· Milanović et al., 2015).

Η παραλλαγή των αναλογίων άσκησης -διαλείμματος και η προσαρμογή της έντασης της άσκησης δημιουργεί απεριόριστους συνδυασμούς με διαφορετικά πιθανά οφέλη. Επίσης, η βιβλιογραφία υποστηρίζει την ανάπτυξη της μυϊκής δύναμης μέσω της κυκλικής προπόνησης με αντιστάσεις (Callahan et al., 2021· Grgic, et al., 2018· Kapsis et al., 2022). Η ανάπτυξη της μυϊκής δύναμης είναι αποτέλεσμα του χειρισμού της έντασης και της διάρκειας της άσκησης και του διαλείμματος. Φαίνεται επίσης πως το προπονητικό υπόβαθρο των ασκούμενων παίζει πρωτεύοντα ρόλο στον καθορισμό της σωστής αναλογίας παραμέτρων για τη χορήγηση του κατάλληλου προπονητικού ερεθίσματος για την ανάπτυξη της μυϊκής δύναμης (Callahan et al., 2021· Grgic, et al., 2018· Kapsis et al., 2022). Παρόμοια φαίνεται να είναι η επίδραση της κυκλικής διαλειμματικής προπόνησης με αντιστάσεις στην ανάπτυξη και της μυϊκής μάζας (Callahan et al., 2021· Kapsis et al., 2022).

Επομένως, είναι απαραίτητο να συγκριθούν διαφορετικά πρωτοκόλλα κυκλικής προπόνησης αντιστάσεων έτσι ώστε να διερευνηθούν οι φυσιολογικές αποκρίσεις ανάλογα με τον χειρισμό των παραμέτρων της άσκησης. Η διαφορετική διαμόρφωση της χρονικής διάρκειας άσκησης – διαλείμματος του κάθε σταθμού της κυκλικής προπόνησης, διατηρώντας τον ίδιο συνολικό χρόνο άσκησης της κάθε προπόνησης, είναι πιθανό να διαφοροποιεί τις βραχυπρόθεσμες και κατ' επέκταση τις μακροπρόθεσμες φυσιολογικές αποκρίσεις των ασκούμενων. Η γνώση για τις πιθανές διαφορετικές επιδράσεις των διαφορετικών αλλά εξισωμένων πρωτοκόλλων κυκλικής διαλειμματικής άσκησης είναι απαραίτητη για τον κατάλληλο σχεδιασμό των προγραμμάτων άσκησης ανάλογα με τον πληθυσμό που θα εφαρμοστούν (π.χ ασθενείς, ηλικιωμένοι).

## **Σκοπός της Μελέτης**

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να συγκριθούν φυσιολογικές και μεταβολικές αποκρίσεις και η απόδοση κατά την κυκλική προπόνηση με διαφορετική διάρκεια περιόδων άσκησης και διαλείμματος, κρατώντας ίδια τη σχέση άσκησης:διαλείμματος, καθώς και τον συνολικό χρόνο άσκησης.

## **Ερευνητικά Ερωτήματα και Υποθέσεις**

Ερευνητικό ερώτημα: Θα διαφέρουν οι φυσιολογικές (καρδιακή συχνότητα, μυϊκή οξυγόνωση, αρτηριακή πίεση), μεταβολικές (συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα), ψυχολογικές αποκρίσεις (αντιλαμβανόμενη κόπωση) και η απόδοση (αριθμός επαναλήψεων, μέγιστη εκούσια ισομετρική συστολή χειρολαβής) κατά την κυκλική προπόνηση με διαφορετική διάρκεια περιόδων άσκησης και διαλείμματος, κρατώντας ίδια τη σχέση άσκησης:διαλείμματος, καθώς και το συνολικό χρόνο άσκησης;

Ερευνητική υπόθεση: Κατά την κυκλική προπόνηση με μικρότερη διάρκεια περιόδων άσκησης με την ίδια όμως σχέση άσκησης:διαλείμματος, καθώς και τον ίδιο συνολικό χρόνο άσκησης οι φυσιολογικές, μεταβολικές και ψυχολογικές αποκρίσεις θα είναι χαμηλότερες, ενώ η απόδοση θα είναι υψηλότερη.

## **Σημασία της Έρευνας**

Η παρούσα μελέτη έχει στόχο να εξετάσει μία μορφή κυκλικής προπόνησης με μικρή διάρκεια περιόδων άσκησης και διαλείμματος συγκριτικά με την μορφή μεγαλύτερης διάρκειας των αντίστοιχων περιόδων. Η μελέτη αυτή θα δώσει στοιχεία ώστε να είναι εφικτή η προσαρμογή προγραμμάτων κυκλικής προπόνησης σε ασκούμενους με διαφορετικό επίπεδο φυσικής κατάστασης, ώστε να επέλθουν προσαρμογές με μικρότερη αντίληψη κόπωσης.

## **Οριοθετήσεις και Περιορισμοί**

Οι δοκιμαζόμενοι της παρούσας μελέτης ήταν άνδρες ηλικίας 19 έως 25 ετών, οπότε τα συμπεράσματα μπορούν να εφαρμοστούν κυρίως σε άνδρες αυτής της ηλικίας. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη συμμετοχή στην έρευνα ήταν οι συμμετέχοντες να μην έχουν ιστορικό πρόσφατων τραυματισμών ή ασθενειών και να βρίσκονται σε καλή φυσική κατάσταση κατά τον χρόνο της συμμετοχής. Εξίσου, η προπονητική εμπειρία των δοκιμαζόμενων ήταν σημαντικό κριτήριο, ενώ βασική προϋπόθεση υπήρξε το τουλάχιστον ένα έτος εμπειρίας σε προπόνηση με αντιστάσεις. Επίσης, οι συμμετέχοντες έπρεπε να είναι γνώστες καλής βασικής τεχνικής εκτέλεσης των ασκήσεων.

## **Περιγραφή των Όρων**

Προπόνηση αντιστάσεων: Ο όρος προπόνηση με αντιστάσεις χρησιμοποιείται για να περιγράψει ένα είδος άσκησης που χρειάζεται προσπάθεια

έναντι μιας εξωτερικής αντίστασης, η οποία συνήθως αναφέρεται σε μορφή ενός οργάνου ή αλλιώς με την αντίσταση του σωματικού βάρους.

Κυκλική προπόνηση: Ο όρος κυκλική προπόνηση αναφέρεται στην εκτέλεση ασκήσεων σε διαδοχική σειρά κατά την διάρκεια μίας προπονητική μονάδα. Αποτελείται συνήθως από περίπου 8 ασκήσεις, η μία μετά την άλλη, και εκτελούνται είτε με επαναλήψεις είτε με προκαθορισμένη χρονική διάρκεια.

Υψηλής έντασης διαλειμματική προπόνηση (High Intensity Interval Training; HIIT): Αναφέρεται στην ενσωμάτωση περιόδων μικρής διάρκειας υψηλής καταβαλλόμενης προσπάθειας που εναλλάσσονται με αντίστοιχα μικρές περιόδους παθητικής ή χαμηλής έντασης ενεργητικής αποκατάστασης.

Υψηλής έντασης λειτουργική προπόνηση (High Intensity Functional Training; HIFT) : Μέθοδος άσκησης που δίνει έμφαση στη λειτουργικότητα, με κινήσεις πολλαπλών αρθρώσεων που μπορούν να τροποποιηθούν σε οποιοδήποτε επίπεδο φυσικής κατάστασης και να προκαλέσουν μεγαλύτερη στρατολόγηση μυών σε σχέση με την παραδοσιακή μορφή άσκησης.



## ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

### Βασικά Χαρακτηριστικά της Προπόνησης με Αντιστάσεις

Η προπόνηση με αντιστάσεις αποτελεί μία μορφή άσκησης που αυξάνει κυρίως την μυϊκή δύναμη και αντοχή δημιουργώντας εσωτερική τάση στον μυ, ο οποίος αντιστέκεται σε μία εξωτερική αντίσταση. Θεωρείται από τις βασικότερες μεθόδους άσκησης για πολλές κατηγορίες ασκούμενων καθώς μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορες ηλικιακές ομάδες προσαρμόζοντας τα βασικά χαρακτηριστικά όπως η ένταση των ασκήσεων, η επιβάρυνση, ο αριθμός των επαναλήψεων και ο χρόνος διαλείμματος. Για τη μεγιστοποίηση των προσαρμογών της φυσικής κατάστασης αλλά και την αποτροπή της υπερπροπόνησης χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι σχεδιασμού του προπονητικού όγκου, με σκοπό να προσδιοριστούν τα επίπεδα των χαρακτηριστικών της προπόνησης, που αναφέρονται παραπάνω, εξατομικευμένα για κάθε ασκούμενο. Ο προπονητικός όγκος αναφέρεται στο γινόμενο του συνολικού αριθμού των επαναλήψεων επί των σειρών των ασκήσεων επί την εξωτερική επιβάρυνση σε κιλά (Suchomel et al., 2018).

Η προπονητική ένταση αναφέρεται σε ποσοστιαίο μέγεθος αντίστασης που δημιουργείται από μία μυϊκή ομάδα και εκφράζεται είτε ως ποσοστό της 1-Μέγιστης Επανάληψης (1-MAE) είτε ως ο μέγιστος αριθμός επαναλήψεων που μπορεί να εκτελέσει ο ασκούμενος κατά το συγκεκριμένο έργο. Αποτελεί σημαντική παράμετρο για την ενίσχυση της μυϊκής ισχύος (Lopez et al., 2018). Η υψηλή ένταση μιας προπονητικής μονάδας συνεπάγεται με τον χαμηλό αριθμό επαναλήψεων ή της χαμηλής εξωτερικής επιβάρυνσης, υπάρχει δηλαδή μία αντιστρόφως ανάλογη σχέση της έντασης με τον αριθμό επαναλήψεων ή την εξωτερική επιβάρυνση που χρησιμοποιούνται σε κιλά. Όταν η ένταση βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα, τότε μειώνεται ο αριθμός των επαναλήψεων που εκτελούνται ή τα κιλά του εξωτερικού φορτίου που επιλέγονται. Μεταξύ των παραπάνω χαρακτηριστικών, δηλαδή, επικρατεί μία σχέση αντιστρόφως ανάλογη, η οποία συμβάλλει στην επίτευξη των επιθυμητών προσαρμογών αλλά και αποτροπή των πιθανών τραυματισμών (Helms et al., 2020· Suchomel et al., 2018).

Η προπονητική επιβάρυνση αντικατοπτρίζει το βάρος σε κιλά (kg) που χρησιμοποιείται ως εξωτερική αντίσταση κατά τη διάρκεια μιας άσκησης και καθορίζεται σύμφωνα με την αρχή της προοδευτικής επιβάρυνσης (Ratamess et al., 2009). Θεωρείται σημαντικός παράγοντας στις νευρομυϊκές προσαρμογές. Ανάλογα με τον προπονητικό στόχο προσαρμόζονται και οι αντίστοιχες επιβαρύνσεις. Πιο συγκεκριμένα, για τη βελτίωση της μέγιστης μυϊκής δύναμης (1-MAE) καθώς και της μέγιστης εκούσιας ισομετρικής σύσπασης προτείνονται οι μέτριες ή υψηλές προπονητικές επιβαρύνσεις, ενώ για την ανάπτυξη της μυϊκής υπερτροφίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα ευρύ φάσμα μεγεθών επιβάρυνσης, υπό την συνθήκη των ασκήσεων ωστόσο να εκτελούνται μέχρι εξαντλήσεως των επαναλήψεων (Grgic et al., 2017· Lacio et al., 2021).

Μία ακόμη σημαντική παράμετρος της προπόνησης με αντιστάσεις είναι ο χρόνος αποκατάστασης μεταξύ των σειρών των ασκήσεων. Ο χρόνος διαλείμματος

ποικίλλει ανάλογα με τον προπονητικό στόχο, την φυσική κατάσταση, τον τύπο των μυϊκών ινών και τα γονίδια του ασκούμενου (Suchomel et al., 2018).

### **Διαλειμματική Προπόνηση Υψηλής Έντασης (High Intensity Interval Training; HIIT)**

Η θετική επίδραση της μέτριας έντασης συνεχόμενης άσκησης στην καρδιοαναπνευστική αντοχή και φυσική κατάσταση είναι αποδεδειγμένη. Ωστόσο, η χρονική δέσμευση που απαιτείται για την ολοκλήρωση των προπονητικών μονάδων απωθεί τους ασκούμενους από την ενασχόληση τους σε αυτό. Έτσι, τα τελευταία χρόνια έχει αναδειχθεί ως κατάλληλη η υψηλής έντασης διαλειμματική προπόνηση (High Intensity Interval Training), καθώς επιφέρει ισόποσες ή και μεγαλύτερες θετικές επιδράσεις στις ίδιες μεταβλητές υγείας και απόδοσης σε σχέση με την μέτριας έντασης συνεχόμενη άσκηση (Calverley et al., 2020· Keating et al., 2017). Αποτελεί λοιπόν μία αποτελεσματική στον χρόνο μέθοδο προπόνησης που συγκριτικά με την μέτριας έντασης συνεχόμενη άσκηση μπορεί να βελτιώσει την καρδιοαναπνευστική ικανότητα άμεσα, ιδίως όταν η προπονητική μονάδα έχει διάρκεια μεγαλύτερη των 2 λεπτών (Su et al., 2019).

Η ορολογία της διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης αναφέρεται στην ενσωμάτωση περιόδων μικρής διάρκειας υψηλής καταβαλλόμενης προσπάθειας που εναλλάσσονται με αντίστοιχα μικρές περιόδους παθητικής ή χαμηλής έντασης ενεργητικής αποκατάστασης (Calverley et al., 2020). Ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα της προπόνησης αυτής είναι οι εκρηκτικές και δυναμικές ασκήσεις που εντάσσονται συνήθως στο ασκησιολόγιό της. Για τον λόγο αυτό, η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης χρησιμοποιείται συχνά σε ομαδικά και ατομικά αθλήματα που απαιτούν μυϊκή ισχύ. Σε πρόσφατη μελέτη ερευνήθηκε η επίδραση της προπόνησης HIIT στην απόδοση παικτών καλαθοσφαίρισης ηλικίας  $19.1 \pm 1.1$  ετών. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική βελτίωση στην μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου των αθλητών καθώς και στη μείωση στις τιμές της μέγιστης καρδιακής συχνότητας. Πιο συγκεκριμένα, ύστερα από 12 εβδομάδες υψηλής έντασης διαλειμματικής προπόνησης παρατηρήθηκε βελτίωση της αερόβιας ικανότητας αθλητών μπάσκετ (D'Elia et al., 2021).

Αξιοσημείωτη είναι επίσης να αναφερθεί η συνεισφορά της HIIT στην αίσθηση ευφορίας των ασκούμενων. Σε μελέτη των Xue και συνεργατών (2019), ερευνήθηκε η στιγμιαία επίδραση μιας περιόδου υψηλής έντασης διαλειμματικής προπόνησης σε παιδιά ηλικίας 12 έως 17 ετών. Φάνηκε ότι υπήρξε θετική επίδραση της προπόνησης στη διάθεση των δοκιμαζόμενων και η διάθεση των νεαρών αθλητών με υψηλά επίπεδα του άγχους που σχετίζεται με τη ζωή ήταν πιο πιθανό να βελτιωθούν (Xue et al., 2019). Ωστόσο, η διαλειμματική προπόνηση δεν εφαρμόζεται μόνο σε παιδιά και αθλητές. Σημαντική συμβολή της HIIT προπόνησης έδειξε μία έρευνα των Gutiérrez-Arroyo (2023) και συνεργατών στην επίδραση της φυσικής κατάστασης των πυροσβεστών άγριας φύσης. Οι δοκιμαζόμενοι της έρευνας υποβλήθηκαν σε προπονητική παρέμβαση 8 εβδομάδων κάνοντας κυκλική προπόνηση υψηλής έντασης χρησιμοποιώντας κυρίως το σωματικό τους βάρος ή εξωτερική επιβάρυνση των 20 κιλών σε

επιλεγμένες ασκήσεις. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν σημαντική βελτίωση της μυϊκής δύναμης του κορμού, των άνω και κάτω άκρων, καθώς και βελτίωση της μυϊκής ισχύος των κάτω άκρων (Gutiérrez-Arroyo et al., 2023b).

Οι περισσότεροι ερευνητές θεωρούν την διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης εξίσου κλινικά ωφέλιμη. Όλο και περισσότερες νευροαγγειακές παθήσεις εμφανίζονται σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας, όπως το εγκεφαλικό ή η άνοια. Εφόσον δεν υπάρχουν ακόμη διαθέσιμες θεραπείες για τις περισσότερες παθήσεις πολλοί μελετητές έστρεψαν το ενδιαφέρον τους στην αναζήτηση περισσότερων μέσων αποτροπής εμφάνισης αυτών. Από τις σπουδαιότερες μεθόδους αποτροπής των παθήσεων είναι η φυσική δραστηριότητα. Μελετώντας τους υπεύθυνους μηχανισμούς ερευνητές έχουν αναφέρει τη σημαντική συμβολή της άσκησης με απώτερο σκοπό την βελτίωση κυρίως του καρδιαναπνευστικού και μυοσκελετικού συστήματος (Calverley et al., 2020). Επιπροσθέτως, σε πρόσφατη μελέτη των Tsirogkakis και συνεργατών (2022) αναφέρθηκε η θετική επίδραση της διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης σε παχύσαρκα άτομα. Πιο συγκεκριμένα, οι δοκιμαζόμενοι υποβλήθηκαν σε 8 εβδομάδες προπόνησης στο κυκλοεργόμετρο και χωρίστηκαν στην ομάδα διαλειμματικής προπόνησης 10 δευτερολέπτων και 60 δευτερολέπτων αντίστοιχα. Φάνηκε ότι, παρά τη μικρή διάρκεια της ομάδας των 10 δευτερολέπτων άσκησης, υπήρξε σημαντικότερη επίδραση σε φυσιολογικές παραμέτρους σε σχέση με την άσκηση 60 δευτερολέπτων. Εξίσου θετική συμβολή φάνηκε στην κλίμακα αντιλαμβανόμενης κόπωσης και ευφορίας όπου στην άσκηση 60 δευτερολέπτων επιδεινώθηκε σημαντικά (Tsirogkakis et al., 2022b). Αντίστοιχη σύγκριση ερευνήθηκε σε υγιείς άνδρες μεταξύ τριών διαφορετικών πρωτοκόλλων διαλειμματικής υψηλής έντασης και συνεχόμενης άσκησης. Πιο συγκεκριμένα, το πρωτόκολλο περιλάμβανε είτε 20 λεπτά συνεχόμενης άσκησης στο κυκλοεργόμετρο (49% της VO<sub>2</sub>max) είτε διαλειμματικά ΗΠΕ10 (48 x 10 s), ΗΠΕ30 (16 x 30 s), είτε ΗΠΕ60 (8 x 60 s) στο 100%. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μικρότερης διάρκειας περίοδοι άσκησης (30 και 10 δευτερόλεπτα) επιφέρουν λιγότερες διαταραχές των κυττάρων του αίματος, χαμηλότερο μεταβολικό στρες και αντιοξειδωτικές αποκρίσεις συγκριτικά με την περίοδο άσκησης διάρκειας 60 δευτερόλεπτα (Bogdanis et al., 2022).

Παρόμοια κατηγοριοποίηση των πρωτοκόλλων παρέμβασης έγινε σε μελέτη διάρκειας 8 εβδομάδων σε παχύσαρκους ενήλικες, οι οποίοι χωρίστηκαν σε ΗΠΤ10 (όπου έκαναν 48 x 10'' στο 100% της μέγιστης ισχύος) και σε ΗΠΤ60 (όπου 8 x 60''). Τα συμπεράσματα της παρέμβασης των δύο αυτών κατηγοριών φανερώνουν την σημαντικότητα της αποτελεσματικότητας στον χρόνο που αποδεικνύεται από το γεγονός ότι και τα δύο πρωτόκολλα μπορούν να επιφέρουν εξίσου μείωση του συνολικού και σπλαχνικού ποσοστού λίπους του σώματος (από -1.81kg και -1.45kg αντίστοιχα) καθώς και αύξηση της άλιπης μάζας σώματος (0.86kg). Σπουδαία φάνηκε η συμβολή της παρέμβασης στην βελτίωση της μέγιστης οξειδωσης λίπους, την μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου αλλά και μείωση συγκέντρωσης γαλακτικού ακολουθώντας είτε ΗΠΤ 10 δευτερολέπτων είτε 60 δευτερολέπτων (Tsirogkakis et al., 2021).

## **Λειτουργική Προπόνηση Υψηλής Έντασης (High Intensity Functional Training; HIFT)**

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες ένταξης περισσότερων μεθόδων άσκησης σε μορφή διαλειμματικής προπόνησης. Πιο συγκεκριμένα, οι ειδικοί του χώρου έχουν δοκιμάσει, εκτός από ασκήσεις με το βάρος του σώματος, να εντάξουν και πλειομετρικές ασκήσεις (Karagianni et al., 2019) ή πρωτόκολλο ασκήσεων σε μηχανήματα (Kapsis et al., 2022). Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκε ο όρος λειτουργική προπόνηση υψηλής έντασης (High Intensity Functional Training). Αποτελεί μια μέθοδο άσκησης που δίνει έμφαση στη λειτουργικότητα, με κινήσεις πολλών αρθρώσεων που μπορούν να τροποποιηθούν σε οποιοδήποτε επίπεδο φυσικής κατάστασης και να προκαλέσουν μεγαλύτερη στρατολόγηση μυών σε σχέση με την παραδοσιακή μορφή άσκησης (Feito et al., 2018). Την τελευταία δεκαετία, ερευνητές έχουν αφιερώσει χρόνο στη μελέτη της επίδρασης της προπόνησης HIFT, η οποία μέχρι σήμερα φαίνεται να επιδρά θετικά σε μεταβολικές και καρδιοαναπνευστικές προσαρμογές.

Ο Wilke και συνεργάτες, το 2019 μελέτησαν την επίδραση της κυκλικής προπόνησης HIFT σε υγιείς ενήλικες που δεν ασκούσαν συστηματικά. Ύστερα από παρέμβαση 6 εβδομάδων τα αποτελέσματα έδειξαν βελτίωση της δύναμης των κάτω και άνω άκρων καθώς επίσης και βελτιωμένη αντοχή στην προπονητική επιβάρυνση. Αξίζει επίσης να σημειωθεί η θετική συμβολή της προπόνησης στο εσωτερικό κίνητρο των δοκιμαζόμενων ως προς την άσκηση (Wilke et al., 2019). Σε μία πρόσφατη μελέτη των Kapsis και συνεργατών (2022) μελετήθηκε η επίδραση της προπόνησης HIFT στη σύσταση σώματος και μυϊκής δύναμης σε σωματικά ενεργούς άνδρες και γυναίκες. Οι δοκιμαζόμενοι υποβλήθηκαν σε παρέμβαση 12 εβδομάδων και χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, όπου η μία ακολουθούσε το πρωτόκολλο στο 30% της 1-MAE, ενώ η δεύτερη ακολουθούσε το ίδιο πρωτόκολλο στο 70% της 1-MAE. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η σωματική σύσταση των δοκιμαζόμενων διαφοροποιήθηκαν από τις 6 κιόλας πρώτες εβδομάδες ύστερα από προπόνηση HIFT. Πιο συγκεκριμένα, και οι δύο ομάδες μείωσαν τις τιμές σωματικού λίπους μετά το πέρας των 6 εβδομάδων, ενώ φάνηκε μείωση του σωματικού λίπους μόνο στην ομάδα του 30% ύστερα από τις 12 εβδομάδες παρέμβασης. Και οι δύο ομάδες εμφάνισαν αύξηση της άλιπης μάζας ύστερα από 12 εβδομάδες προπόνησης HIFT, ενώ μόνο η ομάδα του 70% σημείωσε μείωση των τιμών από τις 6 πρώτες εβδομάδες. Και οι δύο ομάδες εμφάνισαν σημαντική βελτίωση στην μυϊκή δύναμη (Kapsis et al., 2022).

### **Κυκλική Προπόνηση με Αντιστάσεις**

Η κυκλική προπόνηση αναφέρεται στη δομή μιας προπονητικής μονάδας και συγκεκριμένα στη σειρά εκτέλεσης των ασκήσεων, όπου οι ασκήσεις εκτελούνται διαδοχικά η μία μετά την άλλη σε ίδιο μεταξύ τους χρόνο άσκησης-διαλείμματος. Μπορεί να περιλαμβάνει πολλά είδη προπόνησης αντιστάσεων, όπως ασκήσεις με το βάρος του σώματος, ασκήσεις σε μηχανήματα, ασκήσεις άρσης βαρών, πλειομετρικές ασκήσεις, έκκεντρη προπόνηση, βαλλιστική προπόνηση κ.ά. και ο προπονητικός όγκος προσαρμόζεται ανάλογα με τη φυσική

κατάσταση και τον προπονητικό στόχο του ασκούμενου. Ο αριθμός των ασκήσεων κυμαίνεται από 6 έως 12 και η κάθε άσκηση εκτελείται με βάση τον χρόνο ή τον αριθμό των επαναλήψεων.

Τα οφέλη της κυκλικής προπόνησης αφορούν την μυϊκή δύναμη (Hermassi et al., 2020) αλλά και αντοχή (Khattak et al., 2020). Οι Hermassi και συνεργάτες (2020) έδειξαν την επίδραση της κυκλικής προπόνησης αντιστάσεων, διάρκειας 12 εβδομάδων στην φυσική κατάσταση και απόδοση νέων αθλητών χειροσφαίρισης. Η μελέτη αναφέρθηκε στην βελτίωση της σωματικής σύστασης των αθλητών, με τη μείωση του συνολικού βάρους του σώματος καθώς και του ποσοστού του σωματικού λίπους. Αντίστοιχα, παρουσιάστηκε βελτίωση της μυϊκής ισχύος και δύναμης των άνω και κάτω άκρων σε ασκήσεις όπως το άλμα προ-φόρτισης (Countermovement Jump) και το άλμα κάθισμα (Squat Jump), το ημικάθισμα και οι πιέσεις πάγκου αντίστοιχα. Μετά τις 12 εβδομάδες κυκλικής προπόνησης σημειώθηκε επίσης βελτίωση της ευκινησίας των αθλητών σε ειδικές για το άθλημα δοκιμασίες αποστάσεων.

Στη μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους Khattak και συνεργάτες (2020), φάνηκε η αποτελεσματικότητα της κυκλικής προπόνησης αντιστάσεων ως προς την καρδιοαναπνευστική αντοχή. Σε εκείνη την έρευνα αξιολογήθηκαν φοιτητές κολλεγίου στο τεστ αερόβιας ικανότητας Cooper και εμφάνισαν βελτίωση στην απόσταση που κάλυψαν σε 12 λεπτά συνεχόμενου τρεξίματος ύστερα από 12 εβδομάδες κυκλικής προπόνησης.

Η κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις θεωρείται αποτελεσματική μέθοδος για την ταυτόχρονη βελτίωση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου και της μέγιστης επανάληψης στην δύναμη του άνω κορμού (Muñoz-Martínez et al., 2017). Σε μία ανασκόπηση των Martínez και συνεργατών (2017) έγινε αναφορά της θετικής συμβολής της κυκλικής προπόνησης αντιστάσεων σε υγιείς άτομα. Για τη βελτίωση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου αναφέρθηκαν οι εξής συστάσεις: Οι προπονητικές μονάδες να κυμαίνονται στις 14 έως 30 προπονήσεις σε σύνολο και η διάρκεια αυτών να είναι 6 έως 12 εβδομάδων. Κάθε προπονητική μονάδα προτείνεται να έχει 20 με 30 λεπτά διάρκεια σε ένταση της τάξεως του 60%-90% της 1-ΜΑΕ. Αντίστοιχα για την βελτίωση της μυϊκής δύναμης και αύξηση της 1-ΜΑΕ στην πίεση πάγκου προτάθηκε η κάθε προπονητική μονάδα να έχει διάρκεια 22 έως 60 λεπτά με ένταση σε 30%-90% της 1-ΜΑΕ.

Η προπόνηση με αντιστάσεις είναι γνωστό πως συμβάλλει θετικά στην αποτροπή της ταχύτατης μείωσης της μυϊκής δύναμης που τείνουν να έχουν άτομα μεγαλύτερης ηλικίας. Χάρη στη μικρή διάρκεια και εύκολη προσαρμογή η κυκλική προπόνηση θεωρείται ασφαλής μέθοδος άσκησης και επιφέρει βελτίωση της μυϊκής δύναμης, άνω και κάτω κορμού σε ηλικιωμένα άτομα. Εξίσου, βελτιώνει το αερόβιο κατώφλι και μπορεί να αυξήσει τα επίπεδα της άλιπης μάζας σώματος (Buch et al., 2017).

## **Φυσιολογικές και Μεταβολικές Αποκρίσεις κατά την Κυκλική Προπόνηση**

### **Φυσιολογικές αποκρίσεις κατά την κυκλική προπόνηση.**

**Καρδιακή συχνότητα.** Οι τιμές της καρδιακής συχνότητας (ΚΣ) είναι σημαντικός παράγοντας για τον προσδιορισμό της έντασης μιας προπονητικής μονάδας. Το

ύψος της καρδιακής συχνότητας προσδιορίζει την προπονητική ζώνη, όπου κάθε ζώνη αναφέρεται σε διαφορετικούς προπονητικούς στόχους. Με λίγα λόγια, η 1η ζώνη αντιστοιχεί στο 50-60% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας και αφορά την προθέρμανση ή αντίστοιχα την αποκατάσταση. Η 2η ζώνη περιλαμβάνει τιμές 60-70% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας και αφορά περισσότερο την λιποδιάλυση. Η 3η προπονητική ζώνη αντιστοιχεί στο 70-80% της μέγιστης ΚΣ και στοχεύει στη βελτίωση της αερόβιας ικανότητας. Η 4η ζώνη αντιστοιχεί στο 80-90%, όπου αποσκοπεί στην αύξηση της αναερόβιας ικανότητας. Η 5η και τελευταία προπονητική ζώνη αντιστοιχεί στις υψηλότερες τιμές καρδιακής συχνότητας των ασκούμενων, 90-100%, όπου συνήθως χρησιμοποιείται από ελίτ αθλητές καθώς το κέντρο της προσοχής είναι η βελτίωση της ταχύτητας και της μέγιστης προσπάθειας (Achten & Jeukendrup, 2003).

Παρόλα αυτά, οι διακυμάνσεις των τιμών της καρδιακής συχνότητας παρατηρούνται ποικίλες ανά τις μεθόδους προπόνησης. Πιο συγκεκριμένα, το εύρος των τιμών της ΚΣ κατά τη διάρκεια της παραδοσιακής προπόνησης ενδυνάμωσης διαφοροποιείται σε σχέση με την κυκλική προπόνηση. Σε πρόσφατη μελέτη εφαρμόστηκε το ίδιο πρωτόκολλο ασκήσεων σε μορφή εκτέλεσης σύμφωνα με την παραδοσιακή προπόνηση ενδυνάμωσης και σε υψηλής έντασης διαλειμματική κυκλική προπόνηση αντιστάσεων. Φάνηκε ότι η καρδιακή συχνότητα είχε σε μέσο όρο υψηλότερες τιμές κατά την διάρκεια της διαλειμματικής κυκλικής προπόνησης κατά 39% συγκριτικά με την παραδοσιακή προπόνηση ενδυνάμωσης (Marín-Pagán et al., 2020), υψηλότερες τιμές καρδιακής συχνότητας παρατηρήθηκαν σε προπονητική σεζόν αθλητών ποδοσφαίρου όταν το πρόγραμμα περιλάμβανε κυκλική προπόνηση, συγκριτικά με άλλες προπονητικές μεθόδους, όπως τεχνικο-τακτική προπόνηση (Campos-Vazquez et al., 2015). Παράλληλα, σημαντική είναι η συμβολή της υψηλής έντασης διαλειμματικής προπόνησης στα επίπεδα της καρδιακής συχνότητας κατά την ηρεμία. Φαίνεται ότι ύστερα από προπόνηση ΗΠΤ η καρδιακή συχνότητα σε κατάσταση ηρεμίας μειώνεται σημαντικά μετά από 2 και 4 εβδομάδες αποπροπόνησης, συγκριτικά με μέτριας έντασης διαλειμματική αλλά και μέτριας έντασης συνεχόμενη άσκηση (Coswig et al., 2020).

**Μυϊκή οξυγόνωση.** Η μυϊκή οξυγόνωση αφορά τη μεταφορά οξυγόνου στους σκελετικούς μυς και συγκεκριμένα την οξυγονωμένη και από-οξυγονωμένη αιμοσφαιρίνη. Υπάρχει άμεση συσχέτιση της μυϊκής οξυγόνωσης με τη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, καθώς όσο αυξάνεται η αιμοσφαιρίνη τόσο αυξάνεται και η  $VO_{2max}$ . Η άσκηση επιφέρει αυξημένη μυϊκή οξυγόνωση προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες του οργανισμού για παραγωγή ATP. Η αύξηση της έντασης της άσκησης ωστόσο, προκαλεί μείωση της μυϊκής οξυγόνωσης εξαιτίας της αυξημένης ενδομυϊκής πίεσης που προκαλείται από την αύξηση έντασης της άσκησης (Jones & Burnley, 2009). Ένας ακόμη λόγος της μείωσης της μυϊκής οξυγόνωσης είναι η υψηλή συγκέντρωση γαλακτικού που προκαλείται από την υψηλής έντασης άσκηση όπου προκαλεί εξίσου πτώση του pH του αίματος και έτσι διευκόλυνση της απελευθέρωσης οξυγόνου από την αιμοσφαιρίνη (Χερουβείμ, 2017).

Έρευνες έχουν γίνει για τη μελέτη της μυϊκής οξυγόνωσης κατά την ποδηλάτιση ή το τρέξιμο, για μεμονωμένες σύγκεντρες ή έκκεντρες συσπάσεις. Έχει φανεί ότι ύστερα από διαλειμματική υψηλής έντασης ποδηλάτιση μειώνεται η μυϊκή αλλά και εγκεφαλική οξυγόνωση και επέρχεται υψηλότερη αίσθηση της κόπωσης, όπως αντίστοιχα μειώνεται η μυϊκή οξυγόνωση εξίσου στην ισοκινητική και έκκεντρη σύσπαση (Perentis et al., 2021). Σε άλλη μελέτη, φάνηκε ότι η έκκεντρη σύσπαση σημείωσε μεγαλύτερη αντίσταση στην κόπωση ενώ είχε χαμηλότερο μυϊκό μεταβολικό κόστος οξυγόνου (Cherouveim et al., 2021· Eckel et al., 2014). Ωστόσο, η βιβλιογραφία είναι αρκετά περιορισμένη όσον αφορά την μελέτη της μυϊκής οξυγόνωσης κατά τη διάρκεια ολόκληρης προπονητικής παρέμβασης σε μορφή κλασσικής κυκλικής προπόνησης με αντιστάσεις.

**Αρτηριακή πίεση.** Η άσκηση είναι βασικό στοιχείο των προγραμμάτων πρωτογενούς και δευτερογενούς πρόληψης καρδιαγγειακών νοσημάτων και της υπέρτασης. Οι σύγχρονες συστάσεις της Αμερικάνικης Καρδιολογικής Εταιρίας προτείνουν την συστηματική συμμετοχή σε αερόβια προγράμματα άσκησης μέτριας ή/και υψηλής έντασης (Eckel et al., 2014). Η συστηματική συμμετοχή σε πρόγραμμα διαλειμματικής προπόνηση υψηλής έντασης για τουλάχιστον 4 εβδομάδες φαίνεται να μειώνει την διαστολική πίεση αίματος (Carpes et al., 2022· Way et al., 2019). Το μέγεθος της μείωσης της διαστολικής πίεσης αίματος έχει άμεση σχέση με την ένταση της άσκησης (Joseph et al., 2019). Η οξεία επίδραση της διαλειμματικής άσκησης στην αρτηριακή πίεση έχει μελετηθεί κυρίως σε άτομα με προ-υπέρταση και υπέρταση.

Η συμμετοχή σε μία διαλειμματική προπόνηση διάρκειας 30 λεπτών και λόγω άσκησης/ διαλείμματος 1/1, φαίνεται να αυξάνει παροδικά τη συστολική αρτηριακή πίεση αίματος τρία λεπτά μετά το τέλος της άσκησης. Στην συνέχεια, δέκα λεπτά μετά το πέρας της άσκησης, η συστολική και η διαστολική αρτηριακή πίεση αίματος ακολουθούν καθοδική πορεία και φτάνουν τιμές χαμηλότερες από αυτές της ηρεμίας που διαρκούν τουλάχιστον 30 λεπτά (Wong et al., 2020). Η διαλειμματική άσκηση φαίνεται να διατηρεί για έως και 14 ώρες τη συστολική αρτηριακή πίεση σε επίπεδα μειωμένα κατά  $6.1 \pm 2$  mmHg σε άτομα με υπέρταση. Αντίθετα, άτομα με φυσιολογική αρτηριακή πίεση διατηρούν τις τιμές τους σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας μετά την προπόνηση. Η διαστολική αρτηριακή πίεση δεν επηρεάζεται σημαντικά από την διαλειμματική άσκηση ανεξαρτήτως των τιμών ηρεμίας (Ramirez-Jimenez et al., 2017). Σε άλλη μελέτη που έγινε σε άντρες μέσης ηλικίας τα αποτελέσματα δείχνουν πώς η συστολική πίεση αμέσως μετά την άσκηση μειώθηκε στατιστικώς σημαντικά στα άτομα με υπέρταση ( $134 \pm 7$  έως  $114 \pm 1$  mmHg) και στα άτομα με φυσιολογική πίεση αίματος ( $114 \pm 4$  έως  $107 \pm 3$  mmHg). Σε ό,τι αφορά την διαστολική πίεση αίματος παρατηρήθηκε μετασκησιακή μείωση μόνο για τα άτομα με υπέρταση (από  $81 \pm 3$  σε  $73 \pm 1$  mmHg) (Morales-Palomo et al., 2017).

Οι περισσότερες μελέτες φαίνεται να συμφωνούν πως η διαλειμματική άσκηση προκαλεί βραχύχρονη μείωση στη συστολική πίεση αίματος των ασκούμενων. Όμως τα αποτελέσματα βασίζονται σε άτομα με κάποιου είδους καρδιαγγειακή επιβάρυνση (π.χ μεταβολικό σύνδρομο, υπέρταση), ενώ τα αποτελέσματα για άτομα με φυσιολογική πίεση είναι ελαφρώς αντικρουόμενα.

Ταυτόχρονα, οι περισσότερες μελέτες έχουν εστιάσει στην σύγκριση της διαλειμματικής προπόνηση υψηλής έντασης με την κλασσική μέθοδο συνεχόμενης μέτριας έντασης άσκησης.

**Υποκειμενική Αντίληψη της Κόπωσης (RPE Borg scale).** Η δημιουργία της κλίμακας της αντιλαμβανόμενης κόπωσης κατά τη διάρκεια ενός παραγόμενου έργου θεωρείται ορόσημο για την φυσιολογία της άσκησης. Αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για τους αρμόδιους του κλάδου, καθώς συμβάλλει στην ποσοτικοποίηση της έντασης και βαθμού δυσκολίας της εκάστοτε προπονητικής μονάδας και κατ' επέκταση στον προσδιορισμό ενός εξατομικευμένου προπονητικού προγράμματος. Η βαθμονόμηση της στηρίζεται στην αντίληψη της καταλαμβανόμενης προσπάθειας και στην αίσθηση της καρδιοαναπνευστικής προσπάθειας, λόγω δυσκολίας, δηλαδή στην ελεύθερη αναπνοή. Ιδρυτής της 10-βάθμιας κλίμακας είναι ο σουηδός ψυχολόγος Gunnar Borg, ο οποίος ξεκίνησε την δεκαετία του 60' και ανέλιξε την σχέση της αντιλαμβανόμενης κόπωσης και τους λόγους στους οποίους το αποδίδει (Lopes et al., 2022).

Επικρατούν δύο θεωρίες για την επεξήγηση της προέλευσης των νευρικών σημάτων που οδηγούν στην αντίληψη της προσπάθειας ενός ασκούμενου. Η πρώτη αφορά κάποιες αισθητήριες περιοχές του εγκεφάλου όπου αντιλαμβάνονται την προσπάθεια ανάλογα με τα ερεθίσματα που λαμβάνουν από τους σκελετικούς μύες και το καρδιοαναπνευστικό σύστημα κατά τη διάρκεια του έργου. Η δεύτερη αναφέρεται στα σήματα που παράγονται από την κινητική εντολή που δίνεται στους κινητικούς και αναπνευστικούς μύες. Αν και υπάρχει αντικρουόμενη βιβλιογραφία, οι περισσότεροι ερευνητές καταλήγουν στο ότι οι δύο αυτές θεωρίες πιθανότατα συνεργάζονται ως προς το τελικό αποτέλεσμα της αντίληψης της προσπάθειας (Lopes et al., 2022). Η κλίμακα αντιλαμβανόμενης κόπωσης χρησιμοποιείται σε όλες τις μεθόδους προπονήσεων. Σε μία πρόσφατη μελέτη των Bogdanis και συνεργατών, ερευνήθηκαν οι μεταβολικές και καρδιοαναπνευστικές αποκρίσεις στο κυκλοεργόμετρο διάρκειας 20 λεπτών. Οι δοκιμαζόμενοι ήταν υγιείς άνδρες και χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες των: (α) συνεχόμενα 20 m στο 49% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου, β. διαλειμματικά 10 s με 15 s ξεκούραση στο 100% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου, γ. διαλειμματικά 30 s με 45 s ξεκούραση στο 100% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου και δ. διαλειμματικά 60s με 90s ξεκούραση 100% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου. Τα αποτελέσματα έδειξαν παρόμοιες τιμές στην μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου κατά την διάρκεια της παρέμβασης, με μεγαλύτερο ωστόσο πνευμονικό αερισμό κατά την ομάδα των 60 δευτερολέπτων. Αντίστοιχα, η ομάδα των 60 δευτερολέπτων σημείωσε μεγαλύτερες τιμές στο γαλακτικό (από το 5ο λεπτό της παρέμβασης) καθώς και στην κλίμακα αντιλαμβανόμενης κόπωσης με χαμηλότερες συναισθηματικές αντιδράσεις συγκριτικά με τις υπόλοιπες ομάδες. Σύμφωνα με τα ευρήματα της μελέτης, συμπεραίνουμε πως μία μικρότερη περίοδος άσκησης μπορεί να επιφέρει εξασθενημένες μεταβολικές και καρδιοαναπνευστικές αποκρίσεις με χαμηλότερη ωστόσο αίσθηση της κόπωσης και εξίσου χαμηλότερο αίσθημα δυσαρέσκειας (Bogdanis et al., 2022).

Επιπλέον, μελέτη που έγινε σε παχύσαρκους άνδρες εφάρμοσε προπονητική παρέμβαση 8 εβδομάδων στο ποδήλατο με τους δοκιμαζόμενους να



χωρίζονται σε ομάδα των 48 x 10s- 15s διάλειμμα στο 100% της μέγιστης ισχύος και των 8 x 60s- 90s διάλειμμα στο 100% της μέγιστης ισχύος. Κατά το τέλος της παρέμβασης φάνηκε ότι η ομάδα με τις μικρότερες περιόδους έργου (10 δευτερόλεπτα) σημείωσε χαμηλότερο μέσο όρο καρδιακής συχνότητας, γαλακτικού καθώς και βαθμό αντιλαμβανόμενης κόπωσης. Η ίδια ομάδα βελτίωσε την αίσθηση ευφορίας ύστερα από το πρωτόκολλο μικρότερης διάρκειας έργου συγκριτικά με το πρωτόκολλο μεγαλύτερης διάρκειας (60 δευτερόλεπτα) (Tsirigkakis et al., 2022).

### **Μεταβολικές αποκρίσεις κατά την κυκλική προπόνηση**

**Επίπεδα γαλακτικού.** Κατά την έντονη μυϊκή προσπάθεια μικρής διάρκειας, όπου ο αναερόβιος μεταβολισμός αποτελεί τη βασική οδό παραγωγής ενέργειας, παρατηρείται σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης γαλακτικού στα μυϊκά κύτταρα και αυτό συνεπάγεται με μειωμένη ικανότητα καταβολής μυϊκής προσπάθειας (Westerblad et al., 2002). Ωστόσο, σύγχρονοι ερευνητές έχουν προσπαθήσει να μελετήσουν την συγκέντρωση γαλακτικού σε ποικίλες μορφές περιόδων άσκησης. Για παράδειγμα, έχει φανεί ότι ύστερα από οκτώ εβδομάδες διαλειμματικής άσκησης υψηλής έντασης 10 δευτερολέπτων υπάρχει μεγαλύτερη μείωση της συγκέντρωσης γαλακτικού στο αίμα κατά  $28 \pm 19\%$  συγκριτικά με περιόδους άσκησης μεγαλύτερης διάρκειας (Tsirigkakis et al., 2021). Αντίστοιχα, στην έρευνα των Bogdanis και συνεργατών (2022) φάνηκε η μεγαλύτερη συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα από το 5ο κίολας λεπτό ( $12.5 \pm 3.5 \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) ύστερα από ΗΠΕ, άσκηση διάρκειας 60 δευτερολέπτων συγκριτικά με το ίδιο πρωτόκολλο που πραγματοποιήθηκε σε μικρότερης διάρκειας διαλειμματική άσκηση (30 και 10 δευτερόλεπτα) (Bogdaniset al., 2022).

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### Συμμετέχοντες

Στην παρούσα μελέτη έλαβαν μέρος εθελοντικά 12 υγιείς άνδρες ηλικίας  $22.43 \pm 1.79$  ετών του Τμήματος Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου της Αθήνας, οι οποίοι αποτέλεσαν δειγματοληψία ευκολίας. Οι συμμετέχοντες είχαν τουλάχιστον ενός έτους εμπειρία στην προπόνηση με βάρη για τη διασφάλιση ενός αρχικού επιπέδου εξοικείωσης με την τεχνική των ασκήσεων. Όλοι οι δοκιμαζόμενοι ενημερώθηκαν γραπτά και προφορικά για το σύνολο των ερευνητικών διαδικασιών και για τους πιθανούς κινδύνους της έρευνας καθώς και για το δικαίωμα διακοπής της συμμετοχής τους στην έρευνα ανά πάσα στιγμή χωρίς να χρειαστεί να δώσουν κάποια εξήγηση (Παράρτημα 1).

### Διαδικασία

Οι συμμετέχοντες επισκέφθηκαν το εργαστήριο της μυϊκής ενδυνάμωσης της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού Αθηνών 4 συνολικά φορές. Κατά την 1η και 2η επίσκεψη υποβλήθηκαν σε μετρήσεις των ανθρωπομετρικών τους χαρακτηριστικών (ύψος, σωματικό βάρος) και προσδιορίστηκε ο Μέγιστος Αριθμός Επαναλήψεων (1-MAE), ύστερα από εξοικείωση με το ασκησιολόγιο του πρωτοκόλλου αλλά και καταγραφή της σωστής τοποθέτησής τους στα όργανα. Κατά την 3η επίσκεψη και με διαφορά τουλάχιστον 72 ώρες από την προηγούμενη, οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν την μία εκ των δύο συνθηκών του πρωτοκόλλου, ενώ κατά την 4η τους επίσκεψη, τουλάχιστον 72 ώρες μετά την 3η, οι ίδιοι συμμετέχοντες εκτέλεσαν αντίστοιχα την άλλη συνθήκη του πρωτοκόλλου (Α ή Β συνθήκη, σε τυχαία και ισοσταθμισμένη σειρά). Οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν και στις δύο συνθήκες την ίδια κυκλική προπόνηση με διαφορετική δομή στην διάρκεια άσκησης και διαλείμματος (Α συνθήκη = κλασική όπου 24'' άσκηση και 36'' διάλειμμα, ενώ Β συνθήκη = με σύντομα διαλείμματα όπου 2 κύκλους των 12'' άσκησης και 18'' διαλείμματος) για 2 συνολικά γύρους το κάθε πρωτόκολλο και με ενδιάμεσο διάλειμμα διάρκειας 2 λεπτών. Οι δοκιμαζόμενοι είχαν οδηγία να εκτελέσουν τις επαναλήψεις όσο πιο γρήγορα μπορούσαν και να καταβάλλουν την μέγιστη τους προσπάθεια (as fast as possible).

Καθ' όλη τη διάρκεια του πρωτοκόλλου καταγραφόταν η καρδιακή συχνότητα, η μυϊκή οξυγόνωση του δικέφαλου και τρικέφαλου βραχιονίου μυός και ο συνολικός αριθμός των επαναλήψεων. Πριν την εφαρμογή του πρωτοκόλλου, μεταξύ των 2 γύρων αλλά και αμέσως μετά το τέλος της παρέμβασης καταγράφτηκαν επίσης ο δείκτης αντιλαμβανόμενης προσπάθειας (RPE 1-10 Borg scale), τα επίπεδα γαλακτικού και της αρτηριακής πίεσης. Τέλος, μεταξύ των δύο γύρων και μετά το τέλος του κάθε πρωτοκόλλου υπολογίστηκαν οι τιμές της μέγιστης εκούσιας ισομετρικής συστολής της χειρολαβής (MVIC handgrip). Κατά την διάρκεια της παρέμβασης ηχούσε ενθαρρυντική μουσική και οι ερευνητές του γυμναστηρίου είχαν ως στόχο να εμπυχώνουν τους δοκιμαζόμενους για την μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων.

## Πειραματική Παρέμβαση

Και οι δύο συνθήκες περιλάμβαναν το ίδιο ασκησιολόγιο σε μορφή κυκλικής προπόνησης με αντιστάσεις. Το ασκησιολόγιο αποτελούνταν από ασκήσεις που εφαρμόζονται συχνά σε χώρους προπόνησης και υποβλήθηκαν με την εξής σειρά:

1. Άρσεις θανάτου (Trapbar Deadlift)
2. Πιέσεις πάγκου (Bench press)
3. Άρσεις λεκάνης με μπάρα (Barbell Hip thrust)
4. Όρθια κωπηλατική με μπάρα (Barbell Upright row)
5. Κάθισμα με μπάρα (Jones machine - Barbell Back squat)
6. Εμπροσθολαίμιες πιέσεις ώμων (Smith machine - Seated barbell Shoulder press)

**A συνθήκη 24-36 s (κλασσική).** Κατά την A συνθήκη, ο δοκιμαζόμενος εκτέλεσε το ασκησιολόγιο σε μορφή κυκλικής προπόνησης, όπου κάθε άσκηση είχε διάρκεια 24 δευτερόλεπτα, με 36 δευτερόλεπτα ενδιάμεσο διάλειμμα μεταξύ των ασκήσεων (σχέση άσκησης: διαλείμματος = 1:1,5). Το ασκησιολόγιο επαναλήφθηκε για 2 γύρους, με διάλειμμα 2 λεπτών μεταξύ των γύρων.

**B συνθήκη 2x12-18 s (με σύντομα διαλείμματα).** Κατά την B συνθήκη, ο δοκιμαζόμενος εκτέλεσε το ασκησιολόγιο σε μορφή κυκλικής προπόνησης, όπου κάθε άσκηση περιλάμβανε 2 κύκλους (σετ) διάρκειας 12 δευτερολέπτων το καθένα και 18 δευτερόλεπτα διάλειμμα ανάμεσα στους κύκλους (σχέση άσκησης: διαλείμματος = 1:1,5). Ύστερα εκτελούσε την επόμενη άσκηση. Το ασκησιολόγιο επαναλήφθηκε για 2 γύρους, με διάλειμμα 2 λεπτών μεταξύ των γύρων.

## Όργανα και μέθοδοι συλλογής των δεδομένων

**Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά.** Τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των δοκιμαζόμενων (σωματική σύσταση και σωματικό ανάστημα) υπολογίστηκαν με την μέθοδο DEXA (Dual Energy X-ray Absorptiometry – Διπλής Ενέργειας Φωτονιακή Απορροφησιομέτρηση) και έλαβαν χώρα σε ημέρα όπου οι δοκιμαζόμενοι δεν είχαν υποβληθεί σε καμία συνθήκη προπόνησης.

**Μέγιστος αριθμός επαναλήψεων 1-MAE.** Ο υπολογισμός του μέγιστου αριθμού επαναλήψεων (MAE) ξεκίνησε με την προθέρμανση των δοκιμαζόμενων για 7 min στο εργομετρικό ποδήλατο (κυκλοεργόμετρο) και στη συνέχεια ακολούθησε ένα πρωτόκολλο δυναμικών διατάσεων των άνω και κάτω άκρων. Οι έξι ασκήσεις του πρωτοκόλλου υποβλήθηκαν σε δύο διαφορετικές ημέρες με τουλάχιστον 24 ώρες διαφορά μεταξύ τους. Για τη μέτρηση της μετατόπισης και της ταχύτητας της κίνησης στις πέντε από τις έξι συνολικά ασκήσεις χρησιμοποιήθηκε ο γραμμικός μετατροπέας θέσης Tendo Unit (Tendo Power Analyzer System v.314, TENDO Sports Machines, Trencin, Slovak Republic). Μέσω του προγράμματος Tendo Power Analyzer υπολογιζόταν η μέση και μέγιστη ταχύτητα σε κάθε επανάληψη,

σύμφωνα με τα οποία υπολογιζόταν και η μέγιστη επανάληψη για κάθε δοκιμαζόμενο. Ωστόσο, ο υπολογισμός της IMAE για την άσκηση «άρσεις θανάτου» χρησιμοποιήθηκε η παραδοσιακή μέθοδος εκτίμησης της μέγιστης μυϊκής δύναμης. Πιο συγκεκριμένα, οι συμμετέχοντες, αφού ολοκλήρωσαν το πρωτόκολλο της προθέρμανσης, εκτέλεσαν 8 έως 10 επαναλήψεις με την μπάρα χωρίς προσθήκη επιπλέον δίσκων επιβάρυνσης. Στη συνέχεια, το μέγεθος αύξησης του φορτίου κυμάνθηκε από 10 έως 20%, ανάλογα με τις δυνατότητες του δοκιμαζόμενου, έως ότου να επιτευχθεί η μέγιστη επανάληψη μέχρι εξαντλήσεως της προσπάθειας.

**Καρδιακή συχνότητα.** Οι τιμές της καρδιακής συχνότητας καταγράφηκαν καθ' όλη τη διάρκεια και των δύο προπονητικών συνθηκών (Α και Β) με τη χρήση τηλεμετρικού καρδιοσυχνόμετρου (Polar, H7). Ζητήθηκε από τους δοκιμαζόμενους να φορέσουν το ειδικό καρδιοσυχνόμετρο πριν την έναρξη του πρωτοκόλλου (κατά την προθέρμανση) και να το αφαιρέσουν λίγο μετά το τέλος της προπόνησης.

**Μυϊκή οξυγόνωση.** Οι τιμές της μυϊκής οξυγόνωσης των μυών των άνω άκρων, συγκεκριμένα του δικέφαλου και τρικέφαλου βραχιονίου μυ του δεξιού χεριού, υπολογίστηκαν μη επεμβατικά μέσω της εγγύς υπέρυθρης φασματοσκοπίας (NIRS-Near Infrared Spectroscopy, Artinis Medical System, PortaMon/PortaLite, Zetten, The Netherlands). Οι τιμές αναφέρονται στα επίπεδα της οξυγονωμένης, αποξυγονωμένης και στην συνολική αιμοσφαιρίνη. Ο εξοπλισμός εφαρμόστηκε στην γαστέρα του κάθε μυός.

**Αρτηριακή πίεση.** Η αρτηριακή πίεση υπολογίστηκε με ηλεκτρονικό πιεσόμετρο Omron M3. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε στο αριστερό χέρι των δοκιμαζόμενων όσο εκείνοι παρέμεναν σε καθιστή θέση ηρεμίας.

**Υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης (RPE).** Για την μέτρηση της αντιλαμβανόμενης προσπάθειας (Rating of Perceived Exertion) χρησιμοποιήθηκε η 10-βαθμιαία κλίμακα Borg. Οι δοκιμαζόμενοι απάντησαν σύμφωνα με το επίπεδο κόπωσης που αισθάνθηκαν από το σύνολο της προπόνησης.

**Επίπεδο γαλακτικού.** Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης γαλακτικού χρησιμοποιήθηκε ο αυτόματος αναλυτής Lactate Scout (Germany). Λήφθηκαν αιμοληψίες από τον δεξί και αριστερό λοβό του αυτιού (εναλλάξ ανά γύρο) των δοκιμαζόμενων πριν την εφαρμογή του πρωτοκόλλου, μετά τον 1ο και μετά τον 2ο γύρο της προπόνησης.

**Μέγιστη Εκούσια Ισομετρική Συστολή χειρολαβής** Για τον υπολογισμό της μέγιστης εκούσιας ισομετρικής συστολής της χειρολαβής των δοκιμαζόμενων χρησιμοποιήθηκε ένα χειρο-δυναμόμετρο (Takei Kiki Kogyo, Tokyo, Japan). Οι συμμετέχοντες παρέμεναν σε καθιστή θέση σε καρέκλα, με ευθυγραμμισμένο κορμό και τον αγκώνα σε 90 μοίρες κάμψη. Σε αυτή την θέση τους δόθηκε η εντολή να ασκήσουν όση περισσότερη δύναμη μπορούν για 3 δευτερόλεπτα. Οι μετρήσεις

πραγματοποιήθηκαν με το δεξί και το αριστερό χέρι μεταξύ των 2 γύρων της παρέμβασης αλλά και αμέσως μετά το τέλος αυτής με 2 προσπάθειες για κάθε χέρι.

### **Στατιστική Ανάλυση**

Για την ανάλυση της ηλικίας και των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών των δοκιμαζόμενων χρησιμοποιήθηκε περιγραφική στατιστική (μέσες τιμές, τυπικές αποκλίσεις). Για την στατιστική ανάλυση των εξαρτημένων μεταβλητών (καρδιακή συχνότητα και μυϊκή οξυγόνωση) πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης τριών κατευθύνσεων (three-way ANOVA) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις και στους τρεις παράγοντες (συνθήκη x γύρος x χρόνος). Για τις υπόλοιπες μεταβλητές (συγκέντρωση γαλακτικού, επίπεδα αρτηριακής πίεσης, υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης και μέγιστη εκούσια ισομετρική δύναμη χειρολαβής) στα δύο πρωτόκολλα (Κλασική συνθήκη και με Σύντομα Διαλείμματα) πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης δύο κατευθύνσεων (two-way ANOVA) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις και στους δύο παράγοντες (πρωτόκολλο x χρόνος). Η στατιστικά σημαντική διασπορά αναλύθηκε περαιτέρω με Tukey posthoc test. Το επίπεδο σημαντικότητας για όλες τις παραμέτρους ορίστηκε στο  $p < 0,05$ .

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Αποτελέσματα Προκαταρκτικών Μετρήσεων

Τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των δοκιμαζόμενων παρουσιάζονται στον πίνακα 4.1, τα αποτελέσματα της μέτρησης της μέγιστης δύναμης στις ασκήσεις της παρέμβασης (άρσεις θανάτου, πιέσεις πάγκου, άρσεις λεκάνης, όρθια κωπηλατική, κάθισμα με μπάρα, εμπροσθολαίμιες πιέσεις ώμων) παρουσιάζονται στον πίνακα 4.2, τα αποτελέσματα της μέτρησης της αερόβιας ικανότητας των δοκιμαζόμενων μέσω της δοκιμασίας του παλίνδρομου τεστ 20μ. παρουσιάζονται στον πίνακα 4.3.

**Πίνακας 4.1** Σωματομετρικά χαρακτηριστικά

Σωματομετρικά χαρακτηριστικά	$\bar{X} \pm SD$
Ηλικία (έτη)	22.43 ± 1.79
Ανάστημα (cm)	180 ± 5.15
Σωματική μάζα (kg)	79.48 ± 6.58
Λίπος (g)	14.40 ± 3.87
Άλιπη μάζα (g)	62.33 ± 6.04

**Πίνακας 4.2** Μέγιστη Δύναμη (1 Rep max, 30% - 1 Rep max)

Μέγιστη Δύναμη (kg)	1-RM ± SD	30% 1-RM ± SD
Άρσεις θανάτου	162.5 ± 26.33	48.75 ± 7.9
Πιέσεις πάγκου	87.73 ± 13.99	26.32 ± 4.20
Άρσεις λεκάνης	177.69 ± 49.17	53.28 ± 14.75
Όρθια κωπηλατική	56.83 ± 9.20	17.05 ± 2.76
Κάθισμα	149.03 ± 37.31	44.71 ± 11.19
Εμπροσθολαίμιες πιέσεις ώμων	76.39 ± 11.46	22.92 ± 3.44

**Πίνακας 4.3** Μέγιστη αερόβια ικανότητα και Μέγιστη καρδιακή συχνότητα στο παλίνδρομο τρέξιμο 20 μέτρων.

Μέγιστη αερόβια ικανότητα	$\bar{X} \pm SD$
VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)	49.82 ± 5.54
HRmax (bpm)	200.83 ± 8.10

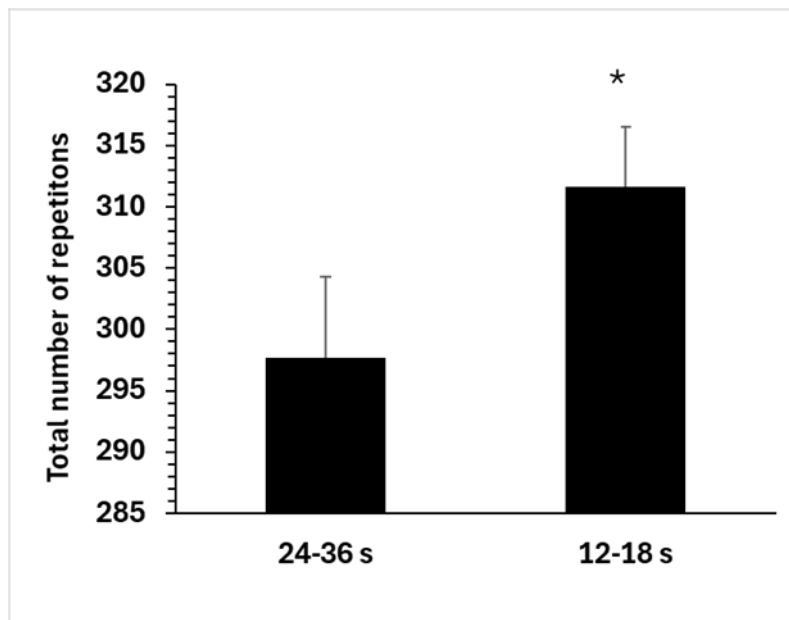
## Αποτελέσματα Κύριων Μετρήσεων

**Επίδραση των συνθηκών στον αριθμό των επαναλήψεων.** Για το πρωτόκολλο της κλασσικής συνθήκης (24-36 s), η ανάλυση διακύμανσης ANOVA διπλής κατεύθυνσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις έδειξε ότι οι παράγοντες «άσκηση» και «γύρος» επηρεάζουν σημαντικά τον αριθμό των επαναλήψεων, καθώς και η αλληλεπίδραση μεταξύ τους ( $p = 0.000$ ). Πιο αναλυτικά, στον δεύτερο γύρο της συνθήκης 24-36 s οι επαναλήψεις μειώθηκαν σε όλες τις ασκήσεις στατιστικά σημαντικά ( $p = 0.00$ ).

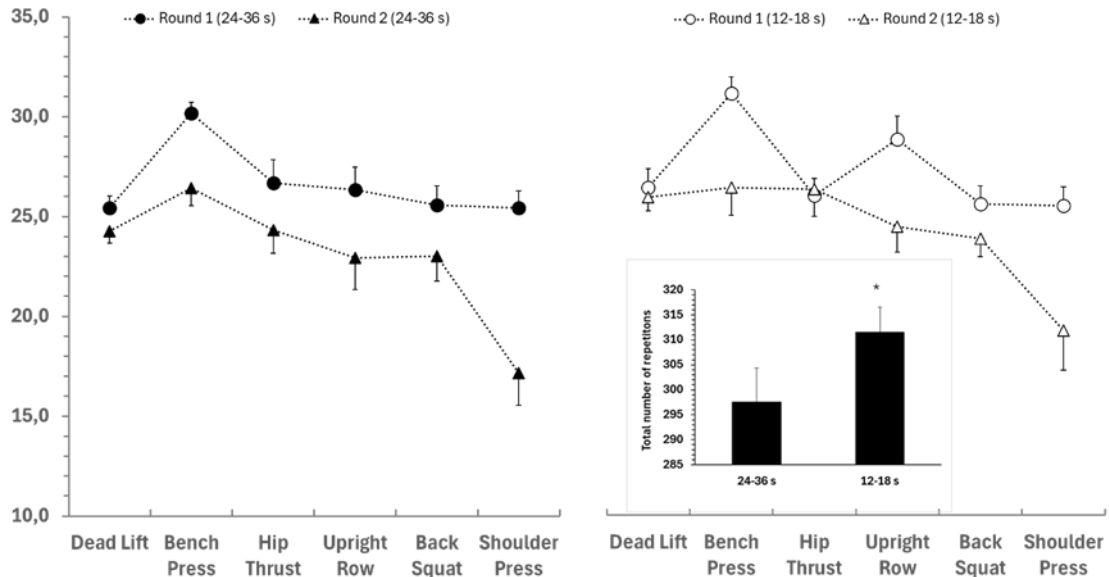
Αντίστοιχα, για το πρωτόκολλο της συνθήκης με σύντομα διαλείμματα (12-18 s), η ανάλυση διακύμανσης ANOVA διπλής κατεύθυνσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις έδειξε σημαντική αλληλεπίδραση της άσκησης x γύρο και του παράγοντα της άσκησης ( $p = 0.000$ ), όπως και τον παράγοντα γύρο ( $p = 0.002$ ).

Ωστόσο, στην ανάλυση διακύμανσης ANOVA επαναλαμβανόμενων μετρήσεων με τρεις κατευθύνσεις που έγινε μεταξύ των δύο συνθηκών φάνηκε ότι κατά το πρωτόκολλο 12-18 s σημειώθηκαν περισσότερες επαναλήψεις από τον πρώτο γύρο. Πιο συγκεκριμένα, κατά την συνθήκη 12-18 s καταγράφηκε μεγαλύτερος αριθμός συνολικών επαναλήψεων συγκριτικά με την συνθήκη 24-36 s (12-18 s =  $311,58 \pm 4,92$  επαναλήψεις vs 24-36 s =  $297,67 \pm 6,64$  επαναλήψεις,  $p = 0,04$ ).

**Σχήμα 4.1** Συνολικός αριθμός επαναλήψεων συνθήκης 24-36 s και συνθήκης 12-18 s,  $p = 0,04$



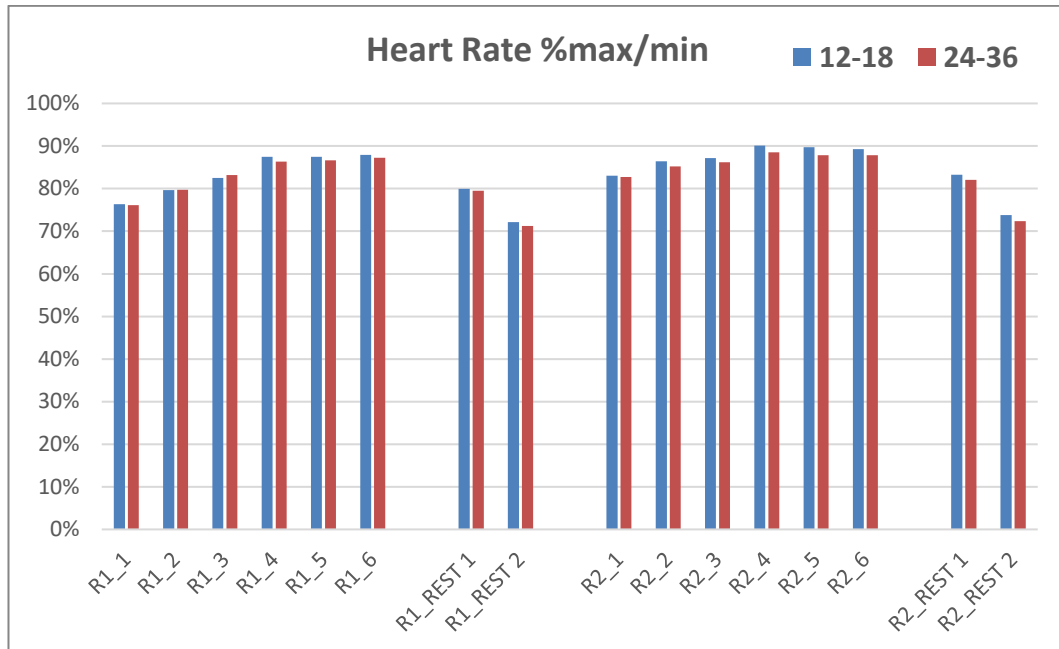
**Σχήμα 4.2** Σύγκριση επαναλήψεων ανά άσκηση και ανά γύρο μεταξύ των συνθηκών 24-36 s και 12-18 s



**Επίδραση των συνθηκών στην καρδιακή συχνότητα.** Η συνεχόμενη καταγραφή της καρδιακής συχνότητας (HR) σημείωσε παρόμοιες τιμές μεταξύ των δύο συνθηκών, οι οποίες σημείωσαν >70% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας κατά την προπόνηση (Σχήμα 4.3). Παρατηρήθηκε στατιστική σημαντικότητα στον παράγοντα χρόνο και στον παράγοντα γύρο ( $p < 0.001$  και  $p = 0.004$  αντίστοιχα), καθώς και στην αλληλεπίδραση μεταξύ τους ( $p < 0.001$ ) ύστερα από ανάλυση διακύμανσης ANOVA επαναλαμβανόμενων μετρήσεων με τρεις κατευθύνσεις. Ο έλεγχος Tukey post hoc έδειξε στατιστική σημαντικότητα στο 1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup> λεπτό της καρδιακής συχνότητας του 1<sup>ου</sup> και 2<sup>ου</sup> γύρου της συνθήκης A και αντίστοιχα της συνθήκης B ( $p = 0.003$ ).



**Σχήμα 4.3** Σχετικές τιμές (%) καρδιακής συχνότητας κατά την διάρκεια των δύο συνθηκών



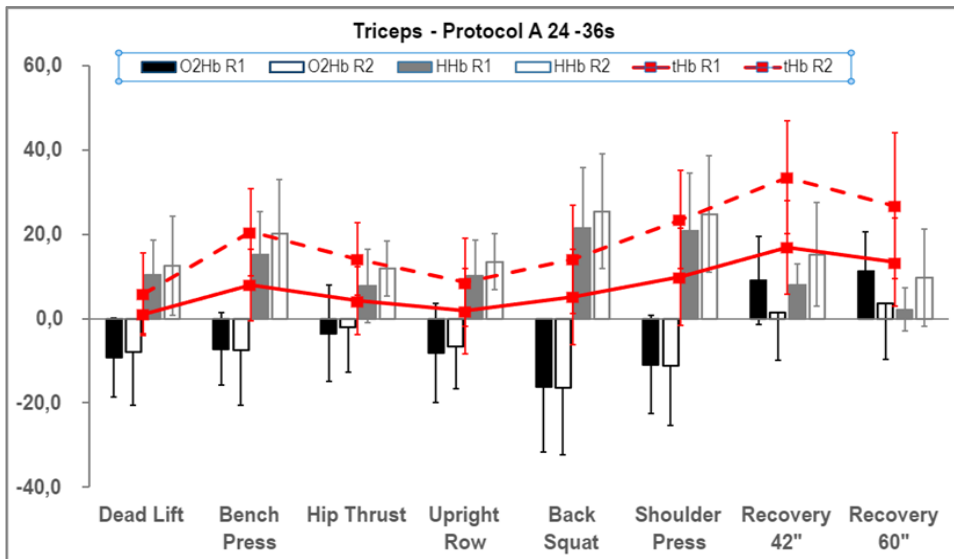
**Επίδραση των συνθηκών μυϊκή οξυγόνωση.** Η ανάλυση διακύμανσης ANOVA επαναλαμβανόμενων μετρήσεων με τρεις κατευθύνσεις έδειξε σημαντική αλληλεπίδραση για την οξυγονωμένη αιμοσφαιρίνη ( $O^2Hb$ ) στον τρικέφαλο βραχιόνιο μυ μόνο ως προς τον παράγοντα χρόνο ( $p < 0.01$ ). Δεν φάνηκε στατιστική σημαντικότητα στην αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη x γύρος x χρόνος ( $p = 0.06$ ), εξίσου στον παράγοντα συνθήκη x γύρος ( $p = 0.92$ ) και στον παράγοντα γύρος ( $p = 0.815$ ).

Για τις αποξυγονωμένες τιμές της αιμοσφαιρίνης (HHb) στον τρικέφαλο βραχιόνιο μυ, η στατιστική ανάλυση έδειξε σημαντική αλληλεπίδραση στον παράγοντα γύρο ( $p = 0.016$ ), εξίσου στον παράγοντα χρόνο ( $p < 0.001$ ) αλλά και στην αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων συνθήκη x γύρο ( $p = 0.045$ ). Για τον παράγοντα συνθήκη δεν φάνηκε στατιστική σημαντικότητα μέσω της ανάλυσης ANOVA επαναλαμβανόμενων μετρήσεων με τρεις κατευθύνσεις ( $p = 0.891$ ), εξίσου στην αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη x χρόνος ( $p = 0.568$ ). Καμία στατιστική σημαντικότητα δεν βρέθηκε ούτε στην αλληλεπίδραση των παραγόντων γύρος x χρόνος ( $p = 0.29$ ) και συνθήκη x γύρος x χρόνος ( $p = 0.39$ ).

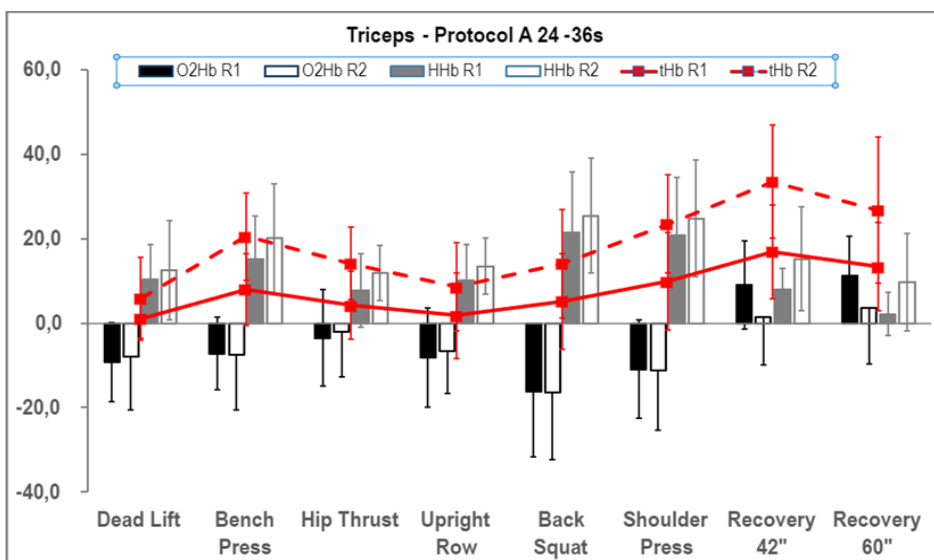
Η ανάλυση διακύμανσης ANOVA με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις τριπλής κατεύθυνσης έδειξε για την συνολική αιμοσφαιρίνη (tHb) στον τρικέφαλο βραχιόνιο μυ σημαντική αλληλεπίδραση μόνο στον παράγοντα χρόνο ( $p < 0.001$ ). Δεν βρέθηκε στατιστική σημαντικότητα στην αλληλεπίδραση του παράγοντα συνθήκη ( $p = 0.974$ ) και στην αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη x γύρος αλλά και συνθήκη x χρόνος ( $p = 0.482$  και  $p = 0.546$  αντίστοιχα). Αντίστοιχα, δεν βρέθηκε σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη x γύρος x χρόνος ( $p = 0.573$ ). Ωστόσο, στην αλληλεπίδραση των παραγόντων γύρος x χρόνος η

ανάλυση διακύμανσης δηλώνει στατιστική σημαντικότητα ( $p = 0.013$ ) (Σχήμα 4.4, 4.5).

**Σχήμα 4.4** Μέσος όρος  $\pm$  Τυπική απόκλιση τιμών οξυγονωμένης ( $O_2Hb$ ), αποξυγονωμένης ( $HHb$ ) και συνολικής ( $tHb$ ) αιμοσφαιρίνης του τρικέφαλου βραχιονίου μυ για τον πρώτο ( $R1$ ) και δεύτερο ( $R2$ ) γύρο της προπόνησης 24-36 s



**Σχήμα 4.5** Μέσος όρος  $\pm$  Τυπική απόκλιση τιμών οξυγονωμένης ( $O_2Hb$ ), αποξυγονωμένης ( $HHb$ ) και συνολικής ( $tHb$ ) αιμοσφαιρίνης του τρικέφαλου βραχιονίου μυ για τον πρώτο ( $R1$ ) και δεύτερο ( $R2$ ) γύρο της προπόνησης 12-18 s



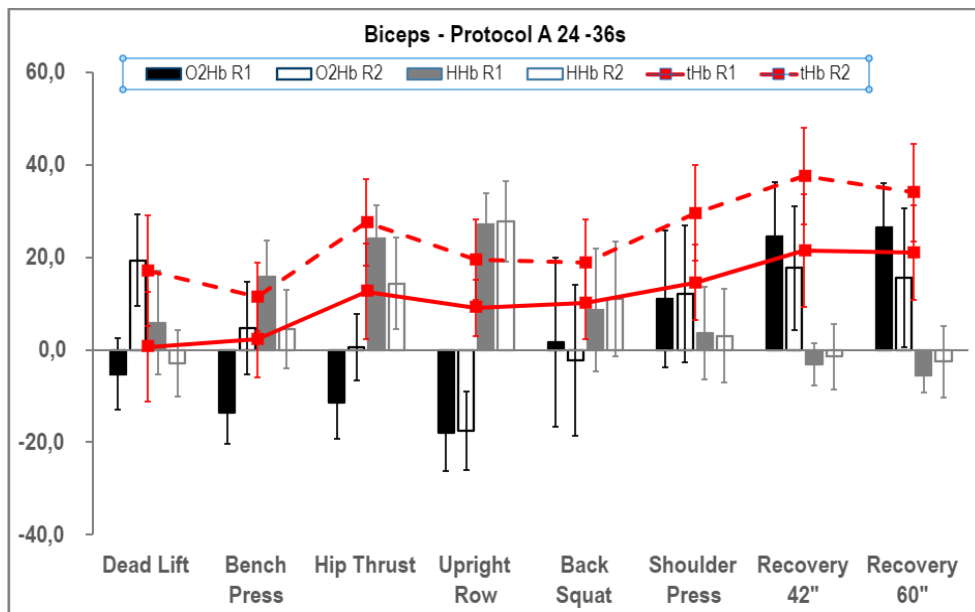
Για την οξυγονωμένη αιμοσφαιρίνη ( $O_2Hb$ ) στον δικέφαλο βραχιόνιο μυ, η ανάλυση διακύμανσης ANOVA με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις τριπλής

κατεύθυνσης έδειξε σημαντική αλληλεπίδραση στον παράγοντα γύρο ( $p < 0.001$ ) και χρόνο ( $p < 0.001$ ), καθώς και στην αλληλεπίδραση μεταξύ τους ( $p < 0.001$ ). Επίσης, στατιστικώς σημαντική διαφορά παρουσιάστηκε στην ανάλυση των παραγόντων συνθήκη x γύρος x χρόνος ( $p = 0.003$ ).

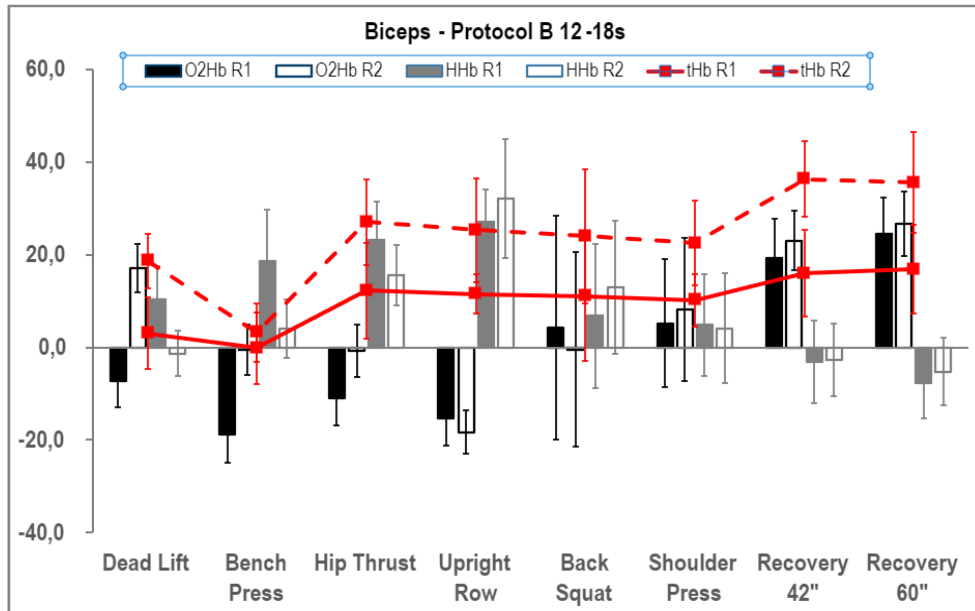
Για τις αποξυγονωμένες τιμές της αιμοσφαιρίνης (HHb) στον δικέφαλο βραχιόνιο μυ, η στατιστική ανάλυση έδειξε σημαντική αλληλεπίδραση στον παράγοντα γύρο ( $p = 0.023$ ) και στον παράγοντα χρόνο ( $p < 0.001$ ), καθώς και στην αλληλεπίδραση μεταξύ τους ( $p < 0.001$ ).

Τέλος, η ανάλυση διακύμανσης ANOVA με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις τριπλής κατεύθυνσης έδειξε για την συνολική αιμοσφαιρίνη (tHb) στον δικέφαλο βραχιόνιο μυ σημαντική αλληλεπίδραση στον παράγοντα χρόνο ( $p < 0.001$ ), γύρο x χρόνος ( $p < 0.001$ ) καθώς και στην σχέση συνθήκη x γύρος x χρόνος ( $p = 0.005$ ). Ωστόσο, δεν βρέθηκε σημαντική αλληλεπίδραση στους παράγοντες συνθήκη ( $p = 0.953$ ), γύρος ( $p = 0.152$ ), συνθήκη x γύρος ( $p = 0.391$ ) και συνθήκη x χρόνος ( $p = 0.12$ ) (Σχήμα 4.6, 4.7).

**Σχήμα 4.6** Μέσος όρος  $\pm$  Τυπική απόκλιση τιμών οξυγονωμένης (O2Hb), αποξυγονωμένης (HHb) και συνολικής (tHb) αιμοσφαιρίνης του δικέφαλου βραχιονίου μυ για τον πρώτο (R1) και δεύτερο (R2) γύρο της προπόνησης 24-36 s



**Σχήμα 4.7** Μέσος όρος  $\pm$  Τυπική απόκλιση τιμών οξυγονωμένης (O2Hb), αποξυγονωμένης (HHb) και συνολικής (tHb) αιμοσφαιρίνης του δικέφαλου βραχιονίου μυ για τον πρώτο (R1) και δεύτερο (R2) γύρο της προπόνησης 12-18 s

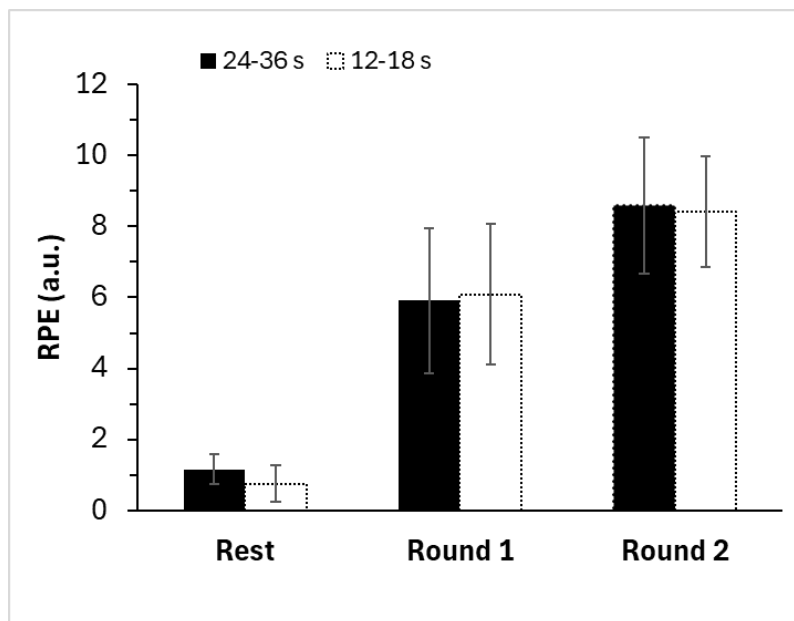


**Επίδραση των συνθηκών στα επίπεδα της αρτηριακής πίεσης.** Η ανάλυση διακύμανσης ANOVA δύο κατευθύνσεων έδειξε στατιστικώς σημαντική διαφορά της συστολικής πίεσης μόνο στον παράγοντα χρόνο ( $p=0.00$ ) και όχι στον παράγοντα συνθήκη ( $p=0.86$ ). Τα αποτελέσματα κατά την καταγραφή του πρωτοκόλλου 24-36 για τις τιμές της συστολικής πίεσης πριν την έναρξη της προπόνησης σημείωσαν  $125 \pm 8$  mmHg και αμέσως μετά το τέλος αυτής σημείωσαν  $143 \pm 23$  mmHg. Το πρωτόκολλο 12-18 s σημείωσε μεγαλύτερες τιμές της συστολικής πίεσης  $131 \pm 10$  mmHg πριν την προπόνηση και  $151 \pm 22$  mmHg αμέσως μετά την προπόνηση. Ωστόσο, τα δύο πρωτόκολλα εμφάνισαν παρόμοιες τιμές συστολικής πίεσης στην μέτρηση που έγινε στο ενδιάμεσο διάλειμμα μεταξύ των δύο γύρων προπόνησης (24-36 s:  $150 \pm 14$  mmHg και 12-18s:  $155 \pm 14$  mmHg).

Σχετικά με τα επίπεδα της διαστολικής πίεσης τα δύο πρωτόκολλα εμφάνισαν παρόμοιες τιμές και στα τρία χρονικά διαστήματα που πραγματοποιήθηκε η μέτρηση. Πιο συγκεκριμένα, πριν την προπόνηση σημειώθηκαν  $67 \pm 7$  mmHg για το 24-36 s και  $67 \pm 12$  mmHg για το 12-18 s. Ακολούθως, στην μέτρηση που έγινε ενδιάμεσα της προπόνησης, στο διάλειμμα μεταξύ των δύο γύρων, σημειώθηκαν  $74 \pm 24$  mmHg για το 24-36 s και  $76 \pm 23,7$  mmHg για το 12-18 s. Τέλος, στην μέτρηση που πραγματοποιήθηκε αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης σημειώθηκαν  $64 \pm 13$  mmHg για το 24-36 s και  $64 \pm 14$ , mmHg για το 12-18 s. Η ανάλυση διπλής κατεύθυνσης ANOVA δεν εμφάνισε στατιστικώς σημαντική διαφορά για κανέναν παράγοντα.

**Επίδραση των συνθηκών στην υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης (RPE).** Η στατιστική ανάλυση ANOVA δύο κατευθύνσεων με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις έδειξε στατιστική σημαντικότητα μόνο στην αλληλεπίδραση της μεταβλητής RPE με τον παράγοντα χρόνο της κάθε συνθήκης ( $p < 0.001$ ), ενώ δεν φάνηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των παραγόντων χρόνος x συνθήκη ( $p = 0,383$ ) και του παράγοντα συνθήκη ( $p = 0,499$ ). Πιο συγκεκριμένα, οι βαθμοί της συνθήκης 24-36 s που σημειώθηκαν στο διάλειμμα των δύο γύρων και αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης ήταν αντίστοιχα  $5,9 \pm 1,6$  και  $8,5 \pm 1,2$  σύμφωνα με την 10-βάθμια κλίμακα του Borg, εμφανίζοντας στατιστική σημαντικότητα μόνο ως προς τον χρόνο ( $p < 0.001$ ). Εξίσου, οι βαθμοί που σημειώθηκαν κατά την συνθήκη 12-18 s ήταν  $6 \pm 1,9$  στο διάλειμμα μεταξύ των δύο γύρων και  $8,4 \pm 1,5$  στην μέτρηση που έγινε αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης, με στατιστική σημαντικότητα στον παράγοντα χρόνο ( $p < 0.001$ ). Ωστόσο, οι δύο συνθήκες μεταξύ τους δεν εμφάνισαν στατιστικώς σημαντική διαφορά (Σχήμα 4.8).

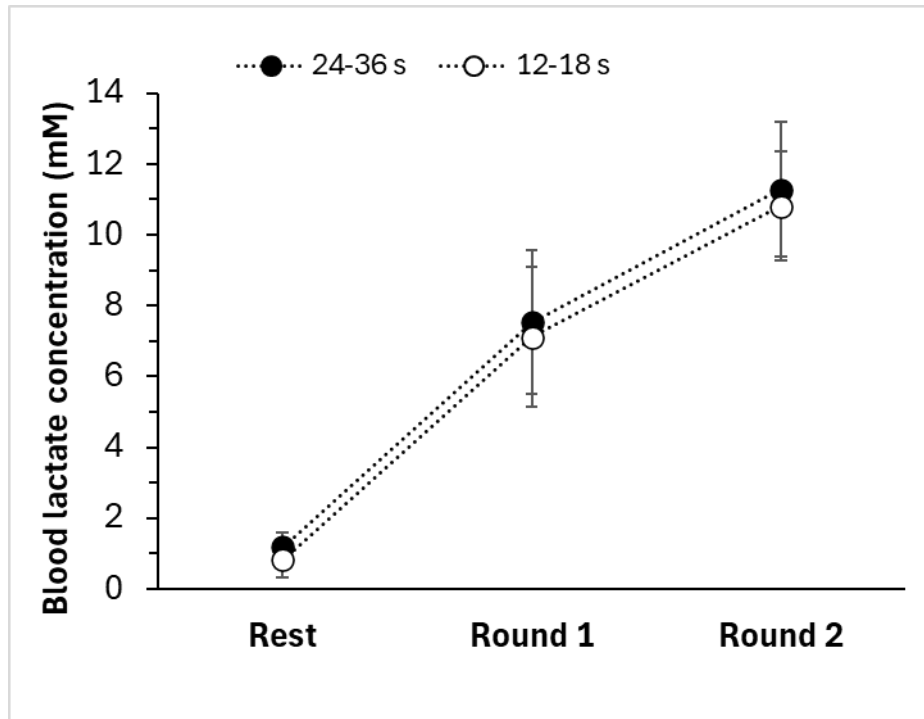
**Σχήμα 4.8** Μέσος όρος τιμών RPE (Δεικτής Αντιλαμβανόμενης Προσπάθειας)



**Επίδραση των συνθηκών στα επίπεδα γαλακτικού .** Για τα επίπεδα γαλακτικού , η ανάλυση διακύμανσης ANOVA επαναλαμβανόμενων μετρήσεων με δύο κατευθύνσεις έδειξε στατιστική αλληλεπίδραση στον παράγοντα χρόνος της κάθε συνθήκης ( $p < 0,001$ ), ενώ βρέθηκε μη στατιστικώς σημαντική αλληλεπίδραση στους παράγοντες συνθήκη x χρόνος ( $p = 0,989$ ) και στον παράγοντα συνθήκη ( $p = 0,130$ ). Πιο συγκεκριμένα, οι τιμές της συνθήκης 24-36 s που σημειώθηκαν στο διάλειμμα των δύο γύρων και αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης έφτασαν τα  $7,53 \pm 2$  mmol/L και  $11,28 \pm 1,9$  mmol/L αντίστοιχα, εμφανίζοντας στατιστική σημαντικότητα μόνο ως προς τον χρόνο ( $p < 0,001$ ). Εξίσου, οι τιμές που σημειώθηκαν κατά την συνθήκη 12-18 s έφτασαν τα  $7,12 \pm 2$  mmol/L στο

διάλειμμα μεταξύ των δύο γύρων και τα  $10,82 \pm 1,5$  mmol/L στην μέτρηση που έγινε αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης, με στατιστική σημαντικότητα στον παράγοντα χρόνο ( $p < 0,001$ ). Ωστόσο, οι δύο συνθήκες μεταξύ τους δεν εμφάνισαν στατιστικώς σημαντική διαφορά.

**Σχήμα 4.9** Μέσος όρος τιμών γαλακτικού



**Επίδραση των συνθηκών στην μέτρηση ισομετρικής δύναμης της λαβής των άνω άκρων.** Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της ισομετρικής δύναμης στην λαβή των άνω άκρων για το πρωτόκολλο 24-36 πριν την έναρξη της προπόνησης σημείωσε για το αριστερό χέρι  $50 \pm 8,6$  Nm και  $55 \pm 9,4$  Nm για το δεξί χέρι. Αντίστοιχα αποτελέσματα σημειώθηκαν κατά την καταγραφή της χειροδυναμομέτρησης για το πρωτόκολλο 12-18 s πριν την έναρξη της προπόνησης, δηλαδή  $49 \pm 8,9$  για το αριστερό χέρι και  $54 \pm 9,9$  Nm για το δεξί χέρι. Εν συνεχεία, στις μετρήσεις που έγιναν αμέσως μετά την προπόνηση για το πρωτόκολλο 24-36 s σημειώθηκαν για το αριστερό χέρι  $45 \pm 7,5$  Nm, ενώ για το πρωτόκολλο 12-18 s  $48 \pm 7,1$  Nm. Ακολούθως, οι μετρήσεις για το δεξί χέρι στο πρωτόκολλο 24-36 s σημείωσαν  $49 \pm 9,5$  Nm, ενώ για το πρωτόκολλο 12-18 s σημείωσαν  $52 \pm 6,8$  Nm.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της μελέτης ήταν να εξετάσει διαφορές ως προς συγκεκριμένες φυσιολογικές και μεταβολικές αποκρίσεις καθώς και την απόδοση κατά την κυκλική προπόνηση υψηλής έντασης με διαφορετική διάρκεια περιόδων άσκησης και διαλείμματος, έχοντας ίδιο τον συνολικό χρόνο της άσκησης. Το κύριο εύρημα της παρούσας εργασίας ήταν ότι ένα πρωτόκολλο με σύντομα διαλείμματα (2 σετ των 12s άσκησης και 18s διαλείμματος) φαίνεται να διατηρεί την απόδοση καλύτερα σε σχέση με την κλασική συνθήκη (24s άσκησης και 36s διαλείμματος). Πιο συγκεκριμένα, καταγράφηκε μεγαλύτερος συνολικά αριθμός επαναλήψεων σε λειτουργικές ασκήσεις που εφαρμόζονται σε χώρο γυμναστηρίου έχοντας κυκλική μορφή εκτέλεσης, όπως άρσεις θανάτου – πιέσεις πάγκου – άρσεις λεκάνης – όρθια κωπηλατική – κάθισμα με μπάρα – πιέσεις ώμων. Για αυτές τις δύο συνθήκες βεβαιώθηκε η μεγάλη ενεργειακή επιβάρυνση στο σύντομο χρονικό διάστημα που διήρκεσε η άσκηση με αντιστάσεις, καθώς τα επίπεδα γαλακτικού, της αρτηριακής πίεσης, της καρδιακής συχνότητας αλλά και οι βαθμοί αντιλαμβανόμενης προσπάθειας (RPE) σημείωσαν υψηλές τιμές εξίσου στις δύο συνθήκες. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά των τιμών αυτών ως προς τις δύο συνθήκες.

Αναφορικά με τον συνολικό αριθμό επαναλήψεων που παρατηρήθηκε στην παρούσα μελέτη, φάνηκε ότι το πρωτόκολλο μικρότερης διάρκειας άσκησης:διαλείμματος 12-18 s μπορεί να επιφέρει έως και 5% καλύτερη απόδοση συγκριτικά με το πρωτόκολλο μεγαλύτερης διάρκειας 24-36 s ( $12-18\text{ s} = 311,58 \pm 4,92$  επαναλήψεις vs  $24-36\text{ s} = 297,67 \pm 6,64$  επαναλήψεις,  $p = 0,04$ ). Σε μελέτη του Kapsis και συνεργατών (2022), εξετάστηκε εξίσου η επίδραση υψηλής έντασης λειτουργική προπόνηση σε δείκτες απόδοσης και σωματικής σύστασης με την διαφοροποίηση ότι η παρέμβαση διήρκεσε 12 εβδομάδες συγκριτικά με την δική μας έρευνα που εξετάστηκε σε οξεία φάση. Εφαρμόστηκε παρόμοιο πρωτόκολλο με εκείνο της παρούσας μελέτης (bench press, back squat, bent over row, deadlift, dumbbell shoulder military press) σε κυκλική δομή με διάρκεια 30 δευτερόλεπτα την κάθε άσκηση (Kapsis et al., 2022). Στην συγκεκριμένη μελέτη, χώρισαν τους δοκιμαζόμενους (αθλητές crossfit) σε δύο ομάδες, εκ των οποίων η μία ακολούθησε εξωτερική επιβάρυνση ίδια με την δική μας μελέτη στο 30% της 1 MAE και η άλλη στο 70% της 1 MAE. Αξίζει να σημειωθεί πως ο αριθμός των επαναλήψεων που σημειώθηκαν κατά την διάρκεια των 30 δευτερολέπτων στο 30% 1-MAE ήταν περίπου 24 με 28 επαναλήψεις για κάθε άσκηση.

Ερευνητές του Αμερικάνικου Κολλεγίου Αθλητικής Ιατρικής (ACSM) έχουν επιβεβαιώσει την επίδραση της άσκησης σε νευρικές, ορμονικές αλλά και μεταβολικές αποκρίσεις (“Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults,” 2009). Προκειμένου να διασαφηνιστεί εάν ο προπονητικός όγκος που εφαρμόστηκε στην παρούσα μελέτη δεν ξεπερνάει τα επιτρεπτά όρια, αξίζει να αναφερθούν οι κατευθυντήριες οδηγίες του Αμερικάνικου Κολλεγίου Αθλητικής Ιατρικής (ACSM) σχετικά με την προπονητική δομή που αποσκοπεί στην μυϊκή δύναμη και μυϊκή ισχύ. Για την επίτευξη της μυϊκής δύναμης, συστήνεται η ποικίλη εναλλαγή του προπονητικού φορτίου, όπως η αλλαγή αριθμού επαναλήψεων ή ο αριθμός των σετ. Ωστόσο, ο προτεινόμενος αριθμός των σετ μεταξύ των ασκήσεων

είτε για αρχάριους είτε για προχωρημένους ασκούμενους κυμαίνεται από τα 2 έως και τα 6 σετ εντός της προπονητικής μονάδας. Σε περιπτώσεις μυϊκής ισχύος προτείνεται η εφαρμογή ελαφριού φορτίου και, πιο συγκεκριμένα, προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη εφαρμογή ισχύος προτείνεται η ένταση να ξεκινάει από το 30% της 1MAE, γεγονός που επιβεβαιώνει την δομή της παρούσας προπονητικής μονάδας. Φυσικά, οι εναλλαγές των εντάσεων σε κάθε άσκηση οφείλουν να προσαρμόζονται με βάση την σχέση ατομικής δόσης-απόκρισης που αντικατοπτρίζει τις ιδιαιτερότητες του κάθε ασκούμενου, προκειμένου να καθοριστεί ο ακριβής προπονητικός όγκος και έτσι να επιτευχθεί η βελτίωση της απόδοσης (Figueiredo et al., 2018· “Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults,” 2009· Schoenfeld et al., 2019· Teixeira et al., 2020a). Βάσει αυτού, μπορούμε να εξηγήσουμε το γεγονός ότι συμβαίνει σε αρκετές μελέτες να ακολουθούν παρόμοιο πρωτόκολλο και να μην οδηγούνται σε παρόμοια αποτελέσματα. Πιο συγκεκριμένα, σε πρόσφατη μελέτη των Teixeira και συνεργατών (2020), εφαρμόστηκε υψηλής έντασης λειτουργική προπόνηση σε 31 νέους ενήλικες, άνδρες και γυναίκες (Teixeira et al., 2020a). Η προπόνηση περιλάμβανε ολυμπιακές άρσεις, καθίσματα, πιέσεις πάγκου, άρσεις θανάτου καθώς και ασκησιολόγιο ενόργανης γυμναστικής και αερόβιας αντοχής. Η διαφορά μεταξύ των ομάδων ήταν στην συχνότητα και διάρκεια των προπονητικών μονάδων ως μέτριος και υψηλός προπονητικός όγκος. Σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, οι Teixeira και συνεργάτες (2020) δεν βρήκαν διαφορές ως προς την απόδοση μεταξύ των ομάδων με διαφορετικό όγκο προπόνησης μεταξύ τους. Παρά τη χαμηλή εξωτερική επιβάρυνση της μελέτης μας (30% 1MAE), η οποία ωστόσο συμφωνεί με τις οδηγίες του ACSM για την εφαρμογή χαμηλής εξωτερικής έντασης σε ασκήσεις με υψηλή ταχύτητα εκτέλεσης, όπως είχαν την οδηγία να εκτελέσουν οι δοκιμαζόμενοι μας όσες περισσότερες επαναλήψεις μπορούν, φαίνεται να μπορεί να διατηρηθεί η απόδοση ως προς τον αριθμό των επαναλήψεων. Μελέτη του 2018, επιβεβαιώνει πως σε ένα εύρος προπονητικών εντάσεων, χαμηλό προς υψηλό εύρος όπως 20%, 40%, 60% και 80%, μπορεί να επιτευχθεί η αύξηση της μυϊκής δύναμης και απόδοσης όταν οι εντάσεις αυτές δομούνται σύμφωνα με τον κατάλληλο προπονητικό όγκο (σετ, επαναλήψεις, εξωτερική επιβάρυνση) (Laseviccius et al., 2018).

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, έχει φανεί η θετική επίδραση της διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης σε πολλούς δείκτες απόδοσης και υγείας. Ο ερευνητής Gibala (2013) έχει αναφέρει πως η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης πολλές φορές αντικαθιστά την κλασσική παραδοσιακή προπόνηση αθλητών στον προπονητικό τους κύκλο, με την ιδανική αναλογία του 75% του συνολικού όγκου να εφαρμόζεται σε χαμηλές εντάσεις και το 10-15% να αντιστοιχεί σε υψηλές εντάσεις προπόνησης εβδομαδιαίως. Αντίστοιχα, για τους αρχάριους ή απλά δραστήριους ασκούμενους προτείνει την εφαρμογή των 6 σετ από 30 δευτερόλεπτα άσκησης στο 100% της ατομικής προσπάθειας προκειμένου να διασφαλιστεί η καλύτερη δυνατή φυσική κατάσταση σε επίπεδα μυϊκής δύναμης και καρδιοαναπνευστικής αντοχής (Gibala & Jones, 2013). Λίγες, ωστόσο, μελέτες έχουν εφαρμοστεί σε κυκλική λειτουργική προπόνηση με τόσο μικρή διαφορά στην διάρκεια δομής της άσκησης-διαλείμματος στην λειτουργική προπόνηση με αντιστάσεις.



Μελέτες που εξέτασαν την επίδραση της διαφορετικής δομής των διαλειμμάτων στην μυϊκή υπερτροφία και δύναμη παρατήρησαν καλύτερα αποτελέσματα στην απόδοση όταν σύγκριναν τα 3 σετ με 6 ασκήσεις και 180 δευτερόλεπτα διάλειμμα σε σχέση με τα 9 σετ των 2 ασκήσεων και 45 δευτερόλεπτα διάλειμμα με υψηλές, ωστόσο, εντάσεις και για τις δύο ομάδες (από 80% έως 120% της 1 MAE) σε 15 νέους καλά προπονημένους άνδρες. Βρέθηκε χαμηλότερη μηχανική και αντιληπτική κόπωση, με χαμηλότερο δείκτη αντιλαμβανόμενης προσπάθειας (RPE) στο πρωτόκολλο με το μικρότερο διάλειμμα. Η συγκεκριμένη μελέτη, προτείνει μικρότερα και συχνότερα διαλείμματα κατά την διάρκεια προπόνησης με υψηλές εντάσεις και αυτό γιατί, όπως και στην δική μας μελέτη, πιθανότατα στην δομή των συχνών διαλειμμάτων, οι ασκούμενοι μπορούν να διατηρήσουν την ισχύ τους αλλά ίσως και τις αποθήκες ATP και φωσφοκρεατίνης, υπεύθυνες πηγές ενέργειας, καθ' όλη την διάρκεια της άσκησης, ή ακόμα να επιτρέπουν την καλύτερη και γρηγορότερη αναπλήρωση αυτών (Jukic & Tufano, 2022).

Τέλος, μία ακόμα θετική συμβολή στην απόδοση μέσω των μικρών διαλειμμάτων ανάμεσα στις ασκήσεις πηγάζει από την ικανότητα του εγκεφάλου να ξεκουράζει τις λειτουργίες του οργανισμού. Για αυτόν τον λόγο, πιθανότατα, οι τιμές του RPE μετά τον δεύτερο γύρο δεν ξεπέρασαν τους 9 βαθμούς (κοντά στην εξάντληση δηλαδή), ενώ είναι βέβαιο από τις μεταβολικές αποκρίσεις που παρατηρήθηκαν ότι η ενεργειακή προσπάθεια που υποβλήθηκε ήταν μεγάλη. Οι Tomoo και άλλοι ερευνητές, έδειξαν βελτίωση στην γνωστική ανασταλτική ικανότητα ύστερα από μικρής διάρκειας διαλείμματος = 1 λεπτό σε χαμηλής έντασης άσκηση με αντιστάσεις (40% 1MAE) συγκριτικά με μεγαλύτερης διάρκειας διάλειμμα = 3 λεπτά (Tomoo et al., 2021).

Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης, ωστόσο, ίσως να μην μπορούν να μεταφραστούν σε άλλα είδη άσκησης, άλλου επιπέδου αθλητές και ασκούμενους και διαφορετικές δομές περιόδων άσκησης: διαλείμματος. Περαιτέρω έρευνα θα πρέπει να συμπεριλάβει την αξιολόγηση περισσότερων μεταβολικών και φυσιολογικών παραγόντων που σχετίζονται με αυτό το αποτέλεσμα, όπως δειγματοληψία αίματος για την παρακολούθηση σημαντικών ορμονών (CK ή κορτιζόλη). Τέλος, αυτές οι μεταβλητές θα πρέπει να εξεταστούν και σε διαφορετικούς πληθυσμούς (π.χ. σε γυναικείο πληθυσμό) προκειμένου να μπορέσει να πραγματοποιηθεί γενίκευση των αποτελεσμάτων.

Από πολλούς ερευνητές έχει επιβεβαιωθεί ότι η άσκηση υψηλής έντασης αυξάνει την ενδομυϊκή πίεση και κατ' επέκταση προκαλεί την μείωση της αιμάτωσης των μυών (Perentis et al., 2021· Αντωνόπουλος, 2017· Χερουβείμ, 2018). Σε υπομέγιστης έντασης μυϊκή δραστηριότητα ο εφοδιασμός των μυών με O<sub>2</sub> επαρκούν ώστε να πραγματοποιηθούν πλήρως όλες οι απαραίτητες μεταβολικές λειτουργίες για την εκτέλεση της άσκησης, ωστόσο κατά τις μέγιστες εντάσεις η ανεπαρκής αιματική ροή οδηγεί κατ' ακολούθως σε ανεπαρκή εφοδιασμό με O<sub>2</sub> με αποτέλεσμα την δημιουργία ελλείμματος-χρέους O<sub>2</sub> (Αντωνόπουλος, 2017). Η μυϊκή οξυγόνωση κατά την διάρκεια οξείας εφαρμογής ασκήσεων υψηλής έντασης αποτελείται κυρίως από τις συνθήκες μείωσης της οξυγονωμένης αιμοσφαιρίνης στο αίμα (O<sup>2</sup>Hb) και αύξησης της αποξυγονωμένης αιμοσφαιρίνης (HHb) σε μεγάλο εύρος διάρκειας της άσκησης (6-30 δευτερόλεπτα), περιόδων διαλείμματος

(12 δευτερόλεπτα-2 λεπτά) και ειδών άσκησης (ποδηλάτιση, τρέξιμο) (Buchheit et al., 2009· Perentis et al., 2021· Zafeiridis et al., 2015).

Σύμφωνα με ερευνητές, υπάρχουν 4 στάδια της μυϊκής οξυγόνωσης από την κατάσταση ηρεμίας, στην μέγιστη άσκηση και έως την αποκατάσταση. Α. Η προσωρινή αύξηση της μυϊκής οξυγόνωσης στα αρχικά στάδια της άσκησης, όπου οι ανάγκες για παραγωγή ενέργειας ATP καλύπτονται μέσω αερόβιων μηχανισμών. Β. Μετέπειτα μείωση της μυϊκής οξυγόνωσης (σε επίπεδα χαμηλότερα της κατάστασης ηρεμίας). Γ. Η μείωση της μυϊκής οξυγόνωσης διακόπτεται όταν η άσκηση πλησιάζει ή φτάνει στα επίπεδα της  $VO_{2max}$  και Δ. η διακοπή αυτή οδηγεί σε μία απότομη αύξηση της μυϊκής οξυγόνωσης ξεπερνώντας τα επίπεδα ηρεμίας, (Chance et al., 1992· Αντωνόπουλος, 2017). Το θεωρητικό αυτό υπόβαθρο συμφωνεί με τα ευρήματα της παρούσας μελέτης, η οποία κατέγραψε φυσιολογικές και αναμενόμενες τιμές μειωμένες τιμές οξυγονωμένης ( $O^2Hb$ ), αυξημένες αποξυγονωμένης (HHb) και προοδευτικά αυξημένες τιμές συνολικής (tHb) αιμοσφαιρίνης εξίσου και στις δύο συνθήκες. Παρόμοιες μελέτες εξέτασαν την επίδραση της υψηλής έντασης διαλειμματικής προπόνησης στα επίπεδα μυϊκής οξυγόνωσης και δεν κατέληξαν σε διαφορές των προαναφερόμενων τιμών μεταξύ των πρωτοκόλλων. Πιο συγκεκριμένα, σε μία πρόσφατη μελέτη που έγινε σε 10 νεαρούς άνδρες, σύγκριναν την ισοκινητική σύγκεντρη και ισοκινητική έκκεντρη σύσπαση του κάτω άκρους σε διαλειμματικό πρωτόκολλο στο 60% της μέγιστης εκούσιας σύσπασης. Δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές των τιμών  $O^2Hb$ , HHb, tHb και TSI% μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων, ωστόσο σημειώθηκε βελτιωμένη απόδοση στο πρωτόκολλο της έκκεντρης σύσπασης, η οποία μεταφράστηκε με 40% περισσότερες επαναλήψεις που εκτελέστηκαν (Cherouveim et al., 2021). Αντίστοιχα, σε άλλη μελέτη όπου ακολούθησαν μεγαλύτερης διάρκειας πειραματική παρέμβαση ή άλλο είδος προπόνησης, βρέθηκαν παρόμοια αποτελέσματα. Πιο αναλυτικά, σε μελέτη του 2013, εφαρμόστηκε παρέμβαση 6 εβδομάδων με υψηλής έντασης διαλειμματική προπόνηση με τρέξιμο σε 11 αρχάριους άνδρες. Παρατηρήθηκε, εξίσου, αυξημένη μυϊκή αποξυγόνωση με τις τιμές της HHb να αυξάνονται σημαντικά (Prieur & Mucci, 2013). Αυτή η αύξηση της μειωμένης HHb υποδεικνύει την αυξημένη παραγωγή οξυγόνου που εκφράζεται με το φαινόμενο Bohr. Σύμφωνα με το φαινόμενο Bohr, η μεγάλη μείωση της μυϊκής οξυγόνωσης στηρίζεται στην υψηλή συγκέντρωση του γαλακτικού με την ταυτόχρονη πτώση του pH του αίματος, γεγονός που οδηγεί στην διευκόλυνση της απελευθέρωσης  $O^2$  από την αιμοσφαιρίνη (Prieur & Mucci, 2013· Αντωνόπουλος, 2017).

Παρόλα αυτά, υπάρχουν αντικρουόμενες απόψεις καθώς κάποιοι ερευνητές υποστήριξαν την αύξηση της μυϊκής οξυγόνωσης κατά την προπόνηση αντοχής, αντιθέτως άλλοι δεν παρατήρησαν διαφορές της μυϊκής οξυγόνωσης κατά την προπόνηση αντοχής. Είναι προφανές, επομένως, ότι χρήζει μελέτης σε περαιτέρω προπονητικά πρωτόκολλα προκειμένου να υπάρξουν πιο εξειδικευμένα αποτελέσματα. Λίγες μελέτες έχουν εξετάσει την υψηλής έντασης λειτουργική προπόνηση ως προς την μυϊκή οξυγόνωση, ενώ οι περισσότεροι ερευνητές εφαρμόζουν πρωτόκολλα στο κυκλοεργόμετρο, στον διάδρομο ή στο ισοκινητικό μηχάνημα. Για παράδειγμα, ο Perentis και συνεργάτες του (2021), εξέτασαν την άσκηση υψηλής έντασης στην ποδηλάτιση και στη σύγκεντρη και έκκεντρη

σύσπαση σε 12 νέους άνδρες. Τα πρωτόκολλα περιλάμβαναν 7 σετ από 7 δευτερόλεπτα και 5 επαναλήψεις στην μέγιστη προσπάθεια αντίστοιχα, καθώς και τα δύο πρωτόκολλα είχαν διάλειμμα 15 δευτερολέπτων. Παρατήρησαν σημαντική μείωση της μυϊκής οξυγόνωσης κατά τις σύγκεντρες και έκκεντρες συσπάσεις συγκριτικά με το πρωτόκολλο της ποδηλάτισης (Perentis et al., 2021). Τα πιθανότερα αίτια που έδωσαν οι παραπάνω ερευνητές ήταν το γεγονός ότι υπάρχει μεγαλύτερη ανοχή στην κόπωση κατά την έκκεντρη σύσπαση καθώς και μεγαλύτερη ενδομυϊκή πίεση που οδηγεί σε υψηλότερες αποξυγονωμένες τιμές αιμοσφαιρίνης (Cherouneim et al., 2021· Perentis et al., 2021).

Στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκαν αυξημένες τιμές  $O^2Hb$  κατά τις περιόδους διαλείμματος μεταξύ των 2 γύρων αλλά και αμέσως μετά την λήξη της προπόνησης και για τις δύο συνθήκες, με ελαφρώς μεγαλύτερη αύξηση στο σύντομο πρωτόκολλο 12-18 s, χωρίς όμως να υπάρχει στατιστική σημαντικότητα. Η επανοξυγόνωση της αιμοσφαιρίνης μελετήθηκε και από άλλους ερευνητές σε διαφορετικά είδη προπόνησης. Πιο συγκεκριμένα, οι Delextrat και συνεργάτες του (2018), μελέτησαν την επίδραση των 6 εβδομάδων προπόνησης παιχνιδιών μικρής όψης σε συνδυασμό με υψηλής έντασης διαλειμματική προπόνηση. Αντίστοιχα, ο Buchheit και οι συνεργάτες του (2009), εξέτασαν την επίδραση των 8 εβδομάδων υψηλής έντασης διαλειμματικής προπόνησης μέσω επαναλαμβανόμενων σπριντ σε αθλητές ομαδικών αθλημάτων. Και οι δύο μελέτες βρήκαν βελτίωση στην μυϊκή επανοξυγόνωση μετά από το τέλος των παρεμβάσεων, γεγονός που υποθέτει την βελτιωμένη μυϊκή αερόβια και οξειδωτική ικανότητα ωστόσο και οι δύο ερευνητές εφάρμοσαν μεγαλύτερης διάρκειας παρέμβαση συγκριτικά με την παρούσα έρευνα που εξέτασε την οξεία επίδραση (Buchheit et al., 2009· Delextrat et al., 2018).

Αναφορικά με τα επίπεδα της αρτηριακής πίεσης, έχει υποστηριχτεί από πολλούς ερευνητές ότι η έντονη άσκηση επιφέρει αυξήσεις στην συστολική και την μέση αρτηριακή πίεση, ενώ παράλληλα διατηρεί ίδια ή μειώνει ελαφρώς την διαστολική αρτηριακή πίεση (Brisebois et al., 2018· Rivera-Brown & Frontera, 2012). Μάλιστα, εάν πρόκειται για άσκηση άνω άκρων, τότε τα επίπεδα της αρτηριακής πίεσης αυξάνονται κατά 10% συγκριτικά με την περίπτωση της άσκησης κάτω άκρων, καθώς η μικρότερη μυϊκή μάζα και η περισσότερη αιμάτωση είναι συνθήκες που εμφανίζουν μεγαλύτερη αντίσταση στην αιματική ροή (Rivera-Brown & Frontera, 2012). Παρόλα αυτά, η επίδραση της διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης στα επίπεδα της αρτηριακής πίεσης κατέχουν αντικρουόμενες απόψεις, καθώς τις περισσότερες φορές, η αριθμητική διαφορά των αποτελεσμάτων οφείλεται στις ατομικές μεταβολικές διαφορές του οργανισμού του κάθε ατόμου αλλά και στην σχέση δόσης-απόκρισης.

Στη μελέτη μας, καταγράφηκε αύξηση της συστολικής πίεσης στην μέτρηση που πραγματοποιήθηκε μετά τον πρώτο γύρο, αλλά μειώθηκε κατά λίγο στην μέτρηση που έγινε αμέσως μετά τον δεύτερο γύρο, με την συνθήκη 12-18 s να σημειώνει μικρότερη μείωση στην συστολική πίεση. Ο λόγος που η συνθήκη 12-18 s διατήρησε ελαφρώς πιο ψηλά τα επίπεδα της συστολικής πίεσης αμέσως μετά την προπόνηση ίσως συσχετίζεται με τον μεγαλύτερο αριθμό επαναλήψεων που καταγράφηκαν συνολικά καθώς και με το φαινόμενο της μεγαλύτερης αιματικής ροής που προαναφέρθηκε. Πιθανότατα, εξηγείται στο γεγονός ότι κατά την συνθήκη 24-36 s οι δοκιμαζόμενοι δεν κατάφεραν να ανταποκριθούν σε

περισσότερες επαναλήψεις λόγω της κόπωσης, έτσι το μυϊκό τους έργο δεν ήταν στην μέγιστη προσπάθεια και η αιματική ροή ήταν ευκολότερη σε αντίθεση με την συνθήκη 12-18 s.

Σε μελέτη που έγινε το 2018, εξετάστηκε η επίδραση της υψηλής έντασης λειτουργικής προπόνησης 8 εβδομάδων σε φυσιολογικές παραμέτρους (Brisebois et al., 2018). Στην συγκεκριμένη μελέτη συμμετείχαν μόνο 4 άνδρες ηλικίας  $30 \pm 8$  ετών, οι οποίοι ήταν μη δραστήριοι. Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν στην διαστολική πίεση ηρεμίας όταν μετρήθηκε πριν την παρέμβαση ( $71 \pm 7$  mmHg), ενώ μετά την παρέμβαση φάνηκε να μειώνεται. Ωστόσο, η τιμή της συστολικής πίεσης δεν διέφερε μετά το τέλος της παρέμβασης ( $112 \pm 13$  mmHg), σε αντίθεση με την δική μας μελέτη κατά την οποία παρατηρήθηκε αύξηση της συστολικής αρτηριακής πίεσης αμέσως μετά την προπόνηση. Οι ίδιοι ερευνητές σε πιο πρόσφατη μελέτη τους (2022), κατέγραψαν τις καρδιοαναπνευστικές αποκρίσεις υψηλής έντασης λειτουργικής προπόνησης σε οξεία φάση και την σύγκριναν με την παραδοσιακή μορφή προπόνηση ενδυνάμωσης. Στην συγκεκριμένη μελέτη, οι συμμετέχοντες ήταν σωματικά ενεργοί (15 άνδρες – 15 γυναίκες). Η συστολική αρτηριακή πίεση μετά την άσκηση φάνηκε σημαντικά υψηλότερη από την συστολική πίεση ηρεμίας και για τα δύο είδη προπόνησης. Αναλυτικότερα, οι μετα-ασκησιακές τιμές της συστολικής πίεσης για τους άνδρες δοκιμαζόμενους ήταν παρόμοιες με εκείνες της μελέτης μας φτάνοντας τα  $154 \pm 28$  mmHg ύστερα από εφαρμογή πρωτοκόλλου υψηλής έντασης λειτουργικής προπόνησης. Αντίστοιχα, τα ευρήματα της συγκεκριμένης μελέτης συμφωνούν με την παρούσα-δικής μας μελέτη ως προς τις μειωμένες τιμές τις διαστολικής αρτηριακής πίεσης στην μέτρηση που έγινε αμέσως μετά την άσκηση ( $64 \pm 6$  mmHg για τους άνδρες). Ωστόσο, η μεγαλύτερη αύξηση της αρτηριακής πίεσης μεταξύ των πρωτοκόλλων που ακολούθησαν οι Brisebois και συνεργάτες του (2018), φάνηκε να συμβαίνει στις γυναίκες και όχι στους άντρες. Περαιτέρω πρωτόκολλα θα πρέπει να εφαρμοστούν για την διερεύνηση των τιμών της αρτηριακής πίεσης ανά τις κατηγορίες ασκήσεων υψηλής έντασης.

Οι τιμές του γαλακτικού στον ανθρώπινο οργανισμό ανεβαίνουν κυρίως σε καταστάσεις όπου οι απαιτήσεις του σώματος σε ενέργεια υπερβαίνουν τη δυνατότητα των αερόβιων διεργασιών να την καλύψουν πλήρως. Τέτοιες καταστάσεις περιλαμβάνουν και την έντονη άσκηση. Κατά τη διάρκεια έντονης ή παρατεταμένης άσκησης, οι μύες χρειάζονται περισσότερη ενέργεια από αυτή που μπορεί να παραχθεί μέσω του αερόβιου μεταβολισμού. Για να καλυφθεί αυτή η ανάγκη, το σώμα στρέφεται στον αναερόβιο μεταβολισμό, κατά τον οποίο παράγεται γαλακτικό ως παραπροϊόν (Marín-Pagán et al., 2020· Robergs et al., 2004· Smith et al., 2022). Σύμφωνα με την βιβλιογραφία, κατά την έντονη άσκηση τα επίπεδα γαλακτικού φτάνουν σε τιμές από 5 έως 12 mmol/L, ακόμα και έως 20 mmol/L σε πολύ υψηλής έντασης άσκηση (Gomes et al., 2020· Jacob et al., 2022· Robergs et al., 2004), γεγονός που αποδεικνύει το υψηλό μεταβολικό κόστος. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης επιβεβαιώνουν τα παραπάνω ευρήματα καθώς ζητήθηκε από τους ασκούμενους να εκτελούν τις ασκήσεις της προπόνησης με την μέγιστη προσπάθεια τους, γεγονός που αποδεικνύει την υψηλή καταβολή προσπάθειας και εξηγεί τις τιμές των επιπέδων γαλακτικού που εμφάνισαν μεταξύ των δύο γύρων αλλά και στο τέλος της προπόνησης, παρόλο που δεν εμφάνισαν

στατιστική σημαντικότητα στον παράγοντα μεταξύ των συνθηκών παρά μόνο στον παράγοντα χρόνο. Εξίσου, στατιστική σημαντικότητα μεταξύ των γκρουπ δεν παρατηρήθηκε στην μελέτη των Gomes και συνεργατών (2020) όπου εφάρμοσαν οξεία διαλειμματική λειτουργική προπόνηση υψηλής έντασης σε προχωρημένους και αρχάριους αθλητές crossfit. Στην συγκεκριμένη μελέτη, οι δοκιμαζόμενοι σημείωσαν 13,5 mmol/L γαλακτικού αμέσως μετά την προπόνηση.

Μία ακόμα μελέτη που έγινε μεταξύ αθλητών crossfit και ενήλικες καθιστικής ζωής εφάρμοσε ένα υψηλής έντασης πρωτόκολλο στο κυκλοεργόμετρο με διάρκεια 4 λεπτών κάθε ένα από τα 4 συνολικά σετ. Παρατηρήθηκαν υψηλές τιμές γαλακτικού και για τις δύο ομάδες στην μέτρηση αμέσως μετά την άσκηση (10,45 mmol για τους αθλητές crossfit vs 9,8mmol/L για τους ενήλικες καθιστικής ζωής), χωρίς ωστόσο να εμφανίζουν στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων (Pearson et al., 2023). Εξίσου, σε μία πρόσφατη μελέτη που έγινε από τους Caylan και Balci (2023) σε αθλητές τζούντο, σύγκριναν ένα πρωτόκολλο υψηλής έντασης διαλειμματικής μιας τεχνικής άσκησης του αθλήματος με διαφορετικά όμως πρωτόκολλα διαλειμμάτων. Πιο συγκεκριμένα, η άσκηση περιλάμβανε 8 σετ των 20 δευτερολέπτων υψηλής έντασης με περιόδους διαλειμμάτων 1:1, 1:1/2, 1:2 και 1:3. Παρομοίως με τα ευρήματα της παρούσας μελέτης, βρέθηκε ότι τα επίπεδα γαλακτικού δεν διέφεραν μεταξύ των συνθηκών παρά την διαφορετική διάρκεια περιόδων διαλείμματος. Σε άλλη μελέτη που έγινε το 2020, (Marín-Pagán et al., 2020) σύγκριναν την εφαρμογή της οξείας διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης με την παραδοσιακή προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης σε ενήλικες μαζικού αθλητισμού ομάδας ποδοσφαίρου (19 έως 30 ετών). Το πρωτόκολλο της διαλειμματικής προπόνησης περιλάμβανε 3 διαλειμματικά σετ των 3 ασκήσεων, με 35s διάλειμμα, και η μέτρηση του γαλακτικού που κατέγραψαν αμέσως μετά την άσκηση έφτανε τα  $9,4 \pm 2,2$  mmol/L, παρόμοιες δηλαδή τιμές που καταγράψαμε στην δική μας μελέτη μετά το τέλος των συνθηκών ( $11,28 \pm 1,9$  mmol/L για την 24-36 και  $10,82 \pm 1,5$  mmol/L για την 12-18). Συνεπώς, τα παρόντα δεδομένα υποδηλώνουν ότι οι συνθήκες 24-36 s και 12-18 s μπορούν να επιφέρουν αντίστοιχα σημαντικό ερέθισμα για βελτίωση της αναερόβιας ικανότητας. Παρόμοια αποτελέσματα συναντάμε για τον δείκτη αντιλαμβανόμενης προσπάθειας (RPE). Ο δείκτης αυτός θεωρείται ένας ακόμη δείκτης κατηγοριοποίησης της έντασης της άσκησης και η κλίμακα που χρησιμοποιείται ευρέως από τους περισσότερους είναι η 10βάθμια κλίμακα του Borg (1 έως 10 βαθμοί) (Lopes et al., 2022). Ο πιθανότερος λόγος για τον οποίο οι δύο συνθήκες δεν σημείωσαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους ίσως είναι διότι, ενώ το συνολικό έργο ήταν ισόποσο, τα διαλείμματα διέφεραν ως προς λίγα μόνο δευτερόλεπτα, γεγονός που ίσως δεν επιτρέπει να είναι εμφανής η διαφορά στην κόπωση ανάμεσα σε δοκιμαζόμενους που είναι καλά προπονημένοι. Πιθανότατα, η ίδια εφαρμογή πρωτοκόλλου σε αρχάριους αθλητές επιφέρει μεγαλύτερες διαφορές στους δείκτες αντιλαμβανόμενης προσπάθειας RPE.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων της ισομετρικής δύναμης της λαβής των άνω άκρων, παρατηρήθηκε μείωση της απόδοσης και των δύο ομάδων στην μέτρηση που πραγματοποιήθηκε αμέσως μετά την προπόνηση συγκριτικά με την μέτρηση πριν από την προπόνηση. Ωστόσο, μικρότερη ήταν η μείωση για το σύντομο πρωτόκολλο 12-18 s στις μετρήσεις για το αριστερό ( $48 \pm 7,1$  έναντι

45±7,5 Nm) αλλά και το δεξί άνω άκρο (52±6,8 έναντι 49±9,5 Nm). Μία πρόσφατη μελέτη του 2022 εξέτασε τις διαφορές στο φυσιολογικό προφίλ αθλητών αντοχής, άρσης βαρών και υψηλής έντασης λειτουργικής προπόνησης και παρατήρησε ότι τα επίπεδα δύναμης της χειρολαβής ήταν μεγαλύτερα σε αθλητές υψηλής έντασης λειτουργικής προπόνησης και σε αθλητές άρσης βαρών, συγκριτικά με τους αθλητές αντοχής. Μάλιστα προτείνει την υψηλής έντασης λειτουργική προπόνηση ως ιδανική μέθοδο προπόνησης με στόχο είτε την βελτίωση αερόβιας αντοχής είτε μυϊκής ενδυνάμωσης με χαρακτηριστικά αθλητικών δεξιοτήτων (P.E. Adami et al., 2022). Η χρησιμότητα της δύναμης της χειρολαβής έχει επιβεβαιωθεί και από περισσότερους ερευνητές, είτε ως μέθοδος πρόληψης τραυματισμών και ενδυνάμωσης λεπτών δεξιοτήτων σε απαιτητικά αθλήματα (όπως στο αγώνισμα των κρίκων) (Teixeira et al., 2020b), είτε ως μέσο κλινικής αξιολόγησης όπως μελετήθηκε σε μία μετα-ανάλυση του 2023 για ηλικιωμένους άνω των 70 ετών με σαρκοπενία (Shen et al., 2023).

Συμπερασματικά, η παρούσα μελέτη εξέτασε την επίδραση της κυκλικής προπόνησης υψηλής διαλειμματικής έντασης με διαφορετική διάρκεια δομής άσκησης-διαλείμματος σε φυσιολογικές και μεταβολικές αποκρίσεις και παρατήρησε παρόμοιες και αναμενόμενες τιμές εξίσου στις δύο συνθήκες. Η βιβλιογραφία επαληθεύει το υψηλό φυσιολογικό και μεταβολικό φορτίο που χρησιμοποιήθηκε και από τις δύο συνθήκες, ωστόσο φάνηκε ότι ένα πρωτόκολλο με σύντομα διαλείμματα (2 σετ των 12s άσκησης-18s διαλείμματος) επιφέρει μεγαλύτερη απόδοση, της τάξεως του +5%, ως προς τον συνολικό αριθμό των επαναλήψεων που εκτελέστηκαν καθ' όλη την διάρκεια των δύο γύρων της προπόνησης.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Achten J, Jeukendrup AE. (2003). Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Medicine*, 33(7), 517-38. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333070-00004>.
- Behm, D. G., Young, J. D., Whitten, J. H. D., Reid, J. C., Quigley, P. J., Low, J., Li, Y., Lima, C. D., Hodgson, D. D., Chaouachi, A., Prieske, O., & Granacher, U. (2017). Effectiveness of traditional strength vs. power training on muscle strength, power and speed with youth: A systematic review and meta-analysis. *In Frontiers in Physiology (Vol. 8, Issue JUN)*. Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00423>
- Bekhet, A. H., Abdalla, A. R., Ismail, H. M., Genena, D. M., Osman, N. A., El Khatib, A., & Abbas, R. L. (2019). Benefits of aerobic exercise for breast cancer survivors: A systematic review of randomized controlled trials. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 20(11), 3197–3209. <https://doi.org/10.31557/APJCP.2019.20.11.3197>
- Bogdanis, G. C., Mastorakos, G., Tsirigkakis, S., Stavrinou, P. S., Kabasakalis, A., Mantzou, A., & Mougios, V. (2022). Bout duration in high-intensity interval exercise modifies hematologic, metabolic and antioxidant responses. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 20(3), 216–223. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2022.03.005>
- Bogdanis, G. C., Stavrinou, P. S., Tsirigkakis, S., Mougios, V., Astorino, T. A., & Mastorakos, G. (2022). Attenuated Metabolic and Cardiorespiratory Responses to Isoenergetic High-Intensity Interval Exercise of Short Versus Long Bouts. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 54(7), 1199–1209. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002905>
- Bolam, K. A., Van Uffelen, J. G. Z., & Taaffe, D. R. (2013). The effect of physical exercise on bone density in middle-aged and older men: A systematic review. *Osteoporosis International*, 24(11), 2749–2762. <https://doi.org/10.1007/s00198-013-2346-1>
- Brisebois, M. F., Rigby, B. R., & Nichols, D. L. (2018). Physiological and fitness adaptations after eight weeks of high-intensity functional training in physically inactive adults. *Sports*, 6(4). <https://doi.org/10.3390/sports6040146>
- Buch, A., Kis, O., Carmeli, E., Keinan-Boker, L., Berner, Y., Barer, Y., Shefer, G., Marcus, Y., & Stern, N. (2017). Circuit resistance training is an effective means to enhance muscle strength in older and middle aged adults: A systematic review and meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, 37(July), 16–27. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2017.04.003>
- Buchheit, M., Cormie, P., Abbiss, C. R., Ahmaidi, S., Nosaka, K. K., & Laursen, P. B. (2009). Muscle deoxygenation during repeated sprint running: Effect of active vs. Passive recovery. *International Journal of Sports Medicine*, 30(6), 418–425. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1105933>

- Callahan, M. J., Parr, E. B., Hawley, J. A., & Camera, D. M. (2021). Can High-Intensity Interval Training Promote Skeletal Muscle Anabolism? *Sports Medicine*, 51(3), 405–421. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01397-3>
- Calverley, T. A., Ogoh, S., Marley, C. J., Steggall, M., Marchi, N., Brassard, P., Lucas, S. J. E., Cotter, J. D., Roig, M., Ainslie, P. N., Wisløff, U., & Bailey, D. M. (2020). HIITing the brain with exercise: mechanisms, consequences and practical recommendations. *Journal of Physiology*, 598(13), 2513–2530. <https://doi.org/10.1113/JP275021>
- Campos-Vazquez, M. A., Mendez-Villanueva, A., Gonzalez-Jurado, J. A., León-Prados, J. A., Santalla, A., & Suarez-Arrones, L. (2015). Relationships between rating-of-perceived-exertion- and heart-rate-derived internal training load in professional soccer players: A comparison of on-field integrated training sessions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(5), 587–592. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2014-0294>
- Cao, L., Li, X., Yan, P., Wang, X., Li, M., Li, R., Shi, X., Liu, X., & Yang, K. (2019). The effectiveness of aerobic exercise for hypertensive population: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Hypertension*, 21(7), 868–876. <https://doi.org/10.1111/jch.13583>
- Carpes, L., Costa, R., Schaarschmidt, B., Reichert, T., & Ferrari, R. (2022). High-intensity interval training reduces blood pressure in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Experimental Gerontology*, 158(November 2021). <https://doi.org/10.1016/j.exger.2021.111657>
- Chance B, Dait MT, Zhang C, Hamaoka T, Hagerman F. (1992). Recovery from exercise-induced desaturation in the quadriceps muscles of elite competitive rowers. *American Journal of Physiology*, 262(3), C766-C775. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.1992.262.3.C766>
- De Kam, D., Smulders, E., Weerdesteyn, V., & Smits-Engelsman, B. C. M. (2009). Exercise interventions to reduce fall-related fractures and their risk factors in individuals with low bone density: A systematic review of randomized controlled trials. *Osteoporosis International*, 20(12), 2111–2125. <https://doi.org/10.1007/s00198-009-0938-6>
- Delextrat A, Gruet M, Bieuzen F. (2018). Effects of Small-Sided Games and High-Intensity Interval Training on Aerobic and Repeated Sprint Performance and Peripheral Muscle Oxygenation Changes in Elite Junior Basketball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(7), 1882-1891. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002570>. PMID: 29528955.
- D’Elia, F., D’Andrea, D., Esposito, G., Altavilla, G., & Raiola, G. (2021). Increase the performance level of young basketball players through the use of high intensity interval training. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*, 9(3), 445–450. <https://doi.org/10.13189/saj.2021.090308>
- Eckel, R. H., Jakicic, J. M., Ard, J. D., De Jesus, J. M., Houston Miller, N., Hubbard, V. S., Lee, I. M., Lichtenstein, A. H., Loria, C. M., Millen, B. E., Nonas, C. A., Sacks, F. M., Smith, S. C., Svetkey, L. P., Wadden, T. A., & Yanovski, S. Z. (2014). 2013 AHA/ACC guideline on lifestyle management to reduce cardiovascular risk: A report of the American College of cardiology/American Heart Association task force on practice guidelines.



*Circulation*, 129(25), 76–99.  
<https://doi.org/10.1161/01.cir.0000437740.48606.d1>

- Eckstrom, E., Neukam, S., Kalin, L., & Wright, J. (2020). Physical Activity and Healthy Aging. *In Clinics in Geriatric Medicine* (Vol. 36, Issue 4, pp. 671–683). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2020.06.009>
- Feito, Y., Heinrich, K., Butcher, S., & Poston, W. (2018). High-Intensity Functional Training (HIFT): Definition and Research Implications for Improved Fitness. *Sports*, 6(3), 76. <https://doi.org/10.3390/sports6030076>
- Figueiredo, V. C., de Salles, B. F., & Trajano, G. S. (2018). Volume for Muscle Hypertrophy and Health Outcomes: The Most Effective Variable in Resistance Training. *Sports Medicine*, 48(3), 499–505. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0793-0>
- Firth, J., Stubbs, B., Vancampfort, D., Schuch, F., Lagopoulos, J., Rosenbaum, S., & Ward, P. B. (2018). Effect of aerobic exercise on hippocampal volume in humans: A systematic review and meta-analysis. *NeuroImage*, 166 (September 2017), 230–238. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.11.007>
- Fossati, C., Torre, G., Vasta, S., Giombini, A., Quaranta, F., Papalia, R., & Pigozzi, F. (2021). Physical exercise and mental health: The routes of a reciprocal relation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(23). <https://doi.org/10.3390/ijerph182312364>
- Gibala, M. J., & Jones, A. M. (2013). Physiological and performance adaptations to high-intensity interval training. *Nestle Nutrition Institute Workshop Series*, 76, 51–60. <https://doi.org/10.1159/000350256>
- Giuliano, C., Karahalios, A., Neil, C., Allen, J., & Levinger, I. (2017). The effects of resistance training on muscle strength, quality of life and aerobic capacity in patients with chronic heart failure — A meta-analysis. *International Journal of Cardiology*, 227, 413–423. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.11.023>
- Gomes, J. H., Mendes, R. R., Franca, C. S., da Silva-Grigoletto, M. E., da Silva, D. R. P., Antonioli, A. R., de Oliveira e Silva, A. M., & Quintans-Júnior, L. J. (2020). Acute leucocyte, muscle damage, and stress marker responses to high-intensity functional training. *PLoS ONE*, 15(12 December). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243276>
- Grgic, J., Lazineca, B., Mikulic, P., Krieger, J. W., & Schoenfeld, B. J. (2017). The effects of short versus long inter-set rest intervals in resistance training on measures of muscle hypertrophy: A systematic review. *European Journal of Sport Science*, 17(8), 983–993. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1340524>
- Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Davies, T. B., Lazineca, B., Krieger, J. W., & Pedisic, Z. (2018). Effect of Resistance Training Frequency on Gains in Muscular Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 48(5), 1207–1220. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0872-x>
- Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Skrepnik, M., Davies, T. B., & Mikulic, P. (2018). Effects of Rest Interval Duration in Resistance Training on Measures of

- Muscular Strength: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 48(1), 137–151. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0788-x>
- Gutiérrez-Arroyo, J., García-Heras, F., Carballo-Leyenda, B., Villa-Vicente, J. G., Rodríguez-Medina, J., & Rodríguez-Marroyo, J. A. (2023a). Effect of a High-Intensity Circuit Training Program on the Physical Fitness of Wildland Firefighters. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 2073. <https://doi.org/10.3390/ijerph20032073>
- Gutiérrez-Arroyo, J., García-Heras, F., Carballo-Leyenda, B., Villa-Vicente, J. G., Rodríguez-Medina, J., & Rodríguez-Marroyo, J. A. (2023b). Effect of a High-Intensity Circuit Training Program on the Physical Fitness of Wildland Firefighters. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 2073. <https://doi.org/10.3390/ijerph20032073>
- Helms, E. R., Kwan, K., Sousa, C. A., Cronin, J. B., Storey, A. G., & Zourdos, M. C. (2020). Methods for Regulating and Monitoring Resistance Training. *Journal of Human Kinetics*, 74(1), 23–42. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0011>
- Hermassi, S., Laudner, K., & Schwesig, R. (2020). The Effects of Circuit Strength Training on the Development of Physical Fitness and Performance-Related Variables in Handball Players. *Journal of Human Kinetics*, 71(1), 191–203. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0083>
- Jacob, N., So, I., Sharma, B., Marzolini, S., Tartaglia, M. C., & Green, R. (2022). Effects of high-intensity interval training on blood lactate levels and cognition in healthy adults: protocol for systematic review and network meta-analyses. In *Systematic Reviews* (Vol. 11, Issue 1). *BioMed Central Ltd.* <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01874-4>
- Jones AM, Burnley M. (2009). Oxygen uptake kinetics: an underappreciated determinant of exercise performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4(4), 524-32. <https://doi.org/10.1123/ijsp.4.4.524>
- Joseph, G., Marott, J. L., Torp-Pedersen, C., Biering-Sørensen, T., Nielsen, G., Christensen, A. E., Johansen, M. B., Schnohr, P., Sogaard, P., & Mogelvang, R. (2019). Dose-response association between level of physical activity and mortality in normal, elevated, and high blood pressure. *Hypertension*, 74(6), 1307–1315. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.119.13786>
- Jukic, I., & Tufano, J. J. (2022). Acute effects of shorter but more frequent rest periods on mechanical and perceptual fatigue during a weightlifting derivative at different loads in strength-trained men. *Sports Biomechanics*, 21(9), 1122–1135. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1747530>
- Kapsis, D. P., Tsoukos, A., Psarraki, M. P., Douda, H. T., Smilios, I., & Bogdanis, G. C. (2022). Changes in Body Composition and Strength after 12 Weeks of High-Intensity Functional Training with Two Different Loads in Physically Active Men and Women: A Randomized Controlled Study. *Sports*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/sports10010007>
- Karagianni K, Donti, O., & Bogdanis, G. C. (2019). Effects of a Supplementary Strength-Power Training Program on Neuromuscular Performance in

Young Female Athletes. *Sports*, 7.  
<https://doi.org/10.3390/proceedings2019025007>

- Keating, S. E., Johnson, N. A., Mielke, G. I., & Coombes, J. S. (2017). A systematic review and meta-analysis of interval training versus moderate-intensity continuous training on body adiposity. *Obesity Reviews*, 18(8), 943–964. <https://doi.org/10.1111/obr.12536>
- Kelley, G. A., Kelley, K. S., & Tran, Z. V. (2001). Resistance training and bone mineral density in women: A meta-analysis of controlled trials. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80(1), 65–77. <https://doi.org/10.1097/00002060-200101000-00017>
- Khattak, I. U., Zia Ul Islam, S., & Manzoor, M. (2020). Effects of Circuit Training on Cardio-Respiratory Endurance Among College Students. *Global Regional Review*, V(III), 40–47. [https://doi.org/10.31703/grr.2020\(v-iii\).05](https://doi.org/10.31703/grr.2020(v-iii).05)
- Kilpatrick, M. W., Jung, M. E., & Little, J. P. (2014). High-intensity interval training: A review of physiological and psychological responses. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 18(5), 11-16. <https://doi.org/10.1249/FIT.0000000000000067>
- Lacio, M., Vieira, J. G., Trybulski, R., Campos, Y., Santana, D., Filho, J. E., Novaes, J., Vianna, J., & Wilk, M. (2021). Effects of resistance training performed with different loads in untrained and trained male adult individuals on maximal strength and muscle hypertrophy: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21), 1–19. <https://doi.org/10.3390/ijerph182111237>
- Lasevicius, T., Ugrinowitsch, C., Schoenfeld, B. J., Roschel, H., Tavares, L. D., De Souza, E. O., Laurentino, G., & Tricoli, V. (2018). Effects of different intensities of resistance training with equated volume load on muscle strength and hypertrophy. *European Journal of Sport Science*, 18(6), 772–780. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1450898>
- Lopes, T. R., Pereira, H. M., & Silva, B. M. (2022). Perceived Exertion: Revisiting the History and Updating the Neurophysiology and the Practical Applications. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21). <https://doi.org/10.3390/ijerph192114439>
- Lopez, P., Pinto, R. S., Radaelli, R., Rech, A., Grazioli, R., Izquierdo, M., & Cadore, E. L. (2018). Benefits of resistance training in physically frail elderly: a systematic review. *Aging Clinical and Experimental Research*, 30(8), 889–899. <https://doi.org/10.1007/s40520-017-0863-z>
- Marín-Pagán, C., Blazevich, A. J., Chung, L. H., Romero-Arenas, S., Freitas, T. T., & Alcaraz, P. E. (2020). Acute physiological responses to high-intensity resistance circuit training vs. Traditional strength training in soccer players. *Biology*, 9(11), 1–12. <https://doi.org/10.3390/biology9110383>
- Mehta, A., Kondamudi, N., Laukkanen, J. A., Wisloff, U., Franklin, B. A., Arena, R., Lavie, C. J., & Pandey, A. (2020). Running away from cardiovascular disease at the right speed: The impact of aerobic physical activity and cardiorespiratory fitness on cardiovascular disease risk and associated subclinical phenotypes. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 63(6), 762–774. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2020.11.004>

- Milanović, Z., Sporiš, G., & Weston, M. (2015). Effectiveness of High-Intensity Interval Training (HIT) and Continuous Endurance Training for VO<sub>2</sub>max Improvements: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials. *Sports Medicine*, 45(10), 1469–1481. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0365-0>
- Morales-Palomo, F., Ramirez-Jimenez, M., Ortega, J. F., Pallarés, J. G., & Mora-Rodriguez, R. (2017). Acute Hypotension after High-Intensity Interval Exercise in Metabolic Syndrome Patients. *International Journal of Sports Medicine*, 38(7), 560–567. <https://doi.org/10.1055/s-0043-101911>
- Morres, I. D., Hatzigeorgiadis, A., Stathi, A., Comoutos, N., Arpin-Cribbie, C., Krommidas, C., & Theodorakis, Y. (2019). Aerobic exercise for adult patients with major depressive disorder in mental health services: A systematic review and meta-analysis. *Depression and Anxiety*, 36(1), 39–53. <https://doi.org/10.1002/da.22842>
- Muñoz-Martínez, F. A., Rubio-Arias, J., Ramos-Campo, D. J., & Alcaraz, P. E. (2017). Effectiveness of Resistance Circuit-Based Training for Maximum Oxygen Uptake and Upper-Body One-Repetition Maximum Improvements: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 47(12), 2553–2568. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0773-4>
- Pearson, R. C., Olenick, A. A., & Jenkins, N. T. (2023). Metabolic response during high-intensity interval exercise and resting vascular and mitochondrial function in crossfit participants. *Kinesiology*, 55(2), 228–244. <https://doi.org/10.26582/k.55.2.7>
- Perentis, P. A., Cherouveim, E. D., Malliou, V. J., Margaritelis, N. V., Chatzinikolaou, P. N., Koulouvaris, P., Tsolakis, C., Nikolaidis, M. G., Geladas, N. D., & Paschalis, V. (2021). The effects of high-intensity interval exercise on skeletal muscle and cerebral oxygenation during cycling and isokinetic concentric and eccentric exercise. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 6(3). <https://doi.org/10.3390/jfmk6030062>
- Peterson, M. D., Rhea, M. R., Sen, A., & Gordon, P. M. (2010). Resistance exercise for muscular strength in older adults: A meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, 9(3), 226–237. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2010.03.004>
- Prieur, F., & Mucci, P. (2013). Effect of high-intensity interval training on the profile of muscle deoxygenation heterogeneity during incremental exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 113(1), 249–257. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2430-9>
- Progression models in resistance training for healthy adults. (2009). *In Medicine and Science in Sports and Exercise* (Vol. 41, Issue 3, pp. 687–708). <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>
- Ramirez-Jimenez, M., Morales-Palomo, F., Pallares, J. G., Mora-Rodriguez, R., & Ortega, J. F. (2017). Ambulatory blood pressure response to a bout of HIIT in metabolic syndrome patients. *European Journal of Applied Physiology*, 117(7), 1403–1411. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3631-z>
- Rivera-Brown, A. M., & Frontera, W. R. (2012). Principles of exercise physiology: Responses to acute exercise and long-term adaptations to training. *Physical*

- medicine and rehabilitation* , 4(11), 797–804.  
<https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2012.10.007>
- Robergs, R. A., Ghiasvand, F., Parker, D. (2004). Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *American Journal of Physiology-Regulatory Integrative and Comparative Physiology*. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00114.2004>
- Saeidifard, F., Medina-Inojosa, J. R., West, C. P., Olson, T. P., Somers, V. K., Bonikowske, A. R., Prokop, L. J., Vinciguerra, M., & Lopez-Jimenez, F. (2019). The association of resistance training with mortality: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Preventive Cardiology*, 26(15), 1647–1665. <https://doi.org/10.1177/2047487319850718>
- Schoenfeld, B. J., Contreras, B., Krieger, J., Grgic, J., Delcastillo, K., Belliard, R., & Alto, A. (2019). Resistance Training Volume Enhances Muscle Hypertrophy but Not Strength in Trained Men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(1), 94–103. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001764>
- Shailendra, P., Baldock, K. L., Li, L. S. K., Bennie, J. A., & Boyle, T. (2022a). Resistance Training and Mortality Risk: A Systematic Review and Meta-Analysis. *American Journal of Preventive Medicine*, 63(2), 277–285. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2022.03.020>
- Shailendra, P., Baldock, K. L., Li, L. S. K., Bennie, J. A., & Boyle, T. (2022b). Resistance Training and Mortality Risk: A Systematic Review and Meta-Analysis. *American Journal of Preventive Medicine*, 63(2), 277–285. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2022.03.020>
- Shen, Y., Shi, Q., Nong, K., Li, S., Yue, J., Huang, J., Dong, B., Beauchamp, M., & Hao, Q. (2023). Exercise for sarcopenia in older people: A systematic review and network meta-analysis. In *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle* (Vol. 14, Issue 3, pp. 1199–1211). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/jcsm.13225>
- Smith, L. E., Van Guilder, G. P., Dalleck, L. C., & Harris, N. K. (2022). Effects of a Single Session of High Intensity Functional Training on Energy Expenditure, VO<sub>2</sub>, and Blood Lactate. *Journal of Sports Science and Medicine*, 21, 545–554. <https://doi.org/10.52082/jssm.2022.547>
- Steib, S., Schoene, D., & Pfeifer, K. (2010). Dose-response relationship of resistance training in older adults: A meta-analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(5), 902–914. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181c34465>
- Su, L. Q., Fu, J. M., Sun, S. L., Zhao, G. G., Cheng, W., Dou, C. C., & Quan, M. H. (2019). Effects of HIIT and MICT on cardiovascular risk factors in adults with overweight and/or obesity: A meta-analysis. *PLoS ONE*, 14(1), 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210644>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports Medicine*, 48(4), 765–785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>
- Teixeira, R. V., Batista, G. R., Mortatti, A. L., Dantas, P. M. S., & Cabral, B. G. de A. T. (2020a). Effects of six weeks of high-intensity functional training on physical performance in subjects with different training volumes and

- frequencies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 1–13. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176058>
- Teixeira, R. V., Batista, G. R., Mortatti, A. L., Dantas, P. M. S., & Cabral, B. G. de A. T. (2020b). Effects of six weeks of high-intensity functional training on physical performance in subjects with different training volumes and frequencies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 1–13. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176058>
- Tomoo, K., Suga, T., Dora, K., Sugimoto, T., Mok, E., Tsukamoto, H., Takada, S., Hashimoto, T., & Isaka, T. (2021). Impact of Inter-Set Short Rest Interval Length on Inhibitory Control Improvements Following Low-Intensity Resistance Exercise in Healthy Young Males. *Frontiers in Physiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.741966>
- Tsirigkakis, S., Koutedakis, Y., Mastorakos, G., Stavrinou, P. S., Mougios, V., & Bogdanis, G. C. (2022). Physiological, perceptual and affective responses to high-intensity interval training using two work-matched programs with different bout duration in obese males. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 20(3), 199–205. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2022.04.002>
- Tsirigkakis, S., Mastorakos, G., Koutedakis, Y., Mougios, V., Nevill, A. M., Pafili, Z., & Bogdanis, G. C. (2021). Effects of two workload-matched high-intensity interval training protocols on regional body composition and fat oxidation in obese men. *Nutrients*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/nu13041096>
- Way, K. L., Sultana, R. N., Sabag, A., Baker, M. K., & Johnson, N. A. (2019). The effect of high Intensity interval training versus moderate intensity continuous training on arterial stiffness and 24 h blood pressure responses: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(4), 385–391. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.09.228>
- Westerblad, H., Allen, D. G., & Lännergren, J. (2002). Muscle fatigue: Lactic acid or inorganic phosphate the major cause? *News in Physiological Sciences*, 17(1), 17–21. <https://doi.org/10.1152/physiologyonline.2002.17.1.17>
- Wilke, J., Kaiser, S., Niederer, D., Kalo, K., Engeroff, T., Morath, C., Vogt, L., & Banzer, W. (2019). Effects of high-intensity functional circuit training on motor function and sport motivation in healthy, inactive adults. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 29(1), 144–153. <https://doi.org/10.1111/sms.13313>
- Wong, A., Bergen, D., Nordvall, M., Allnutt, A., & Bagheri, R. (2020). Cardiac autonomic and blood pressure responses to an acute session of battling ropes exercise. *Physiology and Behavior*, 227(April), 113167. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.113167>
- Xue, L., Zhai, L., Guo, C., Ma, S., Wan, B., Li, X., Li, J., Shan, G., & Wan, B. (2019, January). *Acute Effects of a Single Bout of High-intensity Training on the Mood of Adolescent Athletes*. 2nd International Conference on Social Science, Public Health and Education (SSPHE 2018) Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/ssphe-18.2019.72>
- Zafeiridis, A., Kounoupis, A., Dipla, K., Kyparos, A., Nikolaidis, M. G., Smilios, I., & Vrabas, I. S. (2015). Oxygen Delivery and Muscle Deoxygenation

during Continuous, Long- and Short-Interval Exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 36(11), 872–880. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1554634>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### 1. Έντυπο συγκατάθεσης συμμετεχόντων



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΑΘΗΝΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ  
ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

### Έντυπο ενημέρωσης

Η παρούσα έρευνα θα διεξαχθεί από την κ. Κωνσταντίνα Καραγιάννη στο πλαίσιο του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών υπό την επίβλεψη του καθηγητή κ. Γρηγόρη Μπογδάνη. Ο σκοπός της μελέτης είναι να διερευνήσει τις επιδράσεις της κυκλικής προπόνησης με διαφορετική διάρκεια περιόδων άσκησης και διαλείμματος, 24'' προς 36'' έναντι 2 x 12'' προς 18'', στην απόδοση των ασκούμενων, καθώς και επιλεγμένες φυσιολογικές παραμέτρους.

### Διαδικασία-Μετρήσεις

Θα επισκεφθείτε το εργαστήριο της σχολής ΣΕΦΑΑ 4 φορές συνολικά. Την 1<sup>η</sup> και την 2<sup>η</sup> μέρα θα γίνουν οι μετρήσεις των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών και μέγιστων επαναλήψεων σε όλες τις ασκήσεις, ενώ θα γίνει και εξοικείωση με το πειραματικό πρωτόκολλο. Κατά την 3<sup>η</sup> επίσκεψη θα εκτελέσετε την μια εκ των δύο συνθηκών του πρωτοκόλλου, ενώ κατά την 4<sup>η</sup> επίσκεψη, θα εκτελέσετε αντίστοιχα την άλλη συνθήκη του πρωτοκόλλου (Α ή Β συνθήκη, σε τυχαία σειρά). Και στις δύο συνθήκες θα εκτελέσετε την ίδια κυκλική προπόνηση με διαφορετική δομή στην διάρκεια άσκησης και διαλείμματος (Α συνθήκη – Β συνθήκη) και αντίσταση 30% της μέγιστης δύναμης σε κάθε άσκηση. Το ασκησιολόγιο και οι συνθήκες θα είναι οι εξής :

### **ΑΣΚΗΣΙΟΛΟΓΙΟ**

1. Deadlift
2. Bench Press
3. Hip Thrust
4. Upright Row
5. Back squat
6. Shoulder Press

### **Α ΣΥΝΘΗΚΗ (κλασική)**

- 6 ασκήσεις
- 24'' διάρκεια άσκησης – 36'' διάρκεια διαλείμματος
- 2 γύροι
- 2' διάλειμμα μεταξύ των γύρων



### ***B ΣΥΝΘΗΚΗ (με σύντομα διαλείμματα)***

- 6 ασκήσεις
- 2 σετ των 12’’ διάρκεια άσκησης – 18’’ διάρκεια διαλείμματος
- 2 γύροι
- 2’ διάλειμμα μεταξύ των γύρων

Θα προσδιοριστούν οι τιμές της **καρδιακής συχνότητας** και της **μυϊκής οξυγόνωσης στον δικέφαλο και τρικέφαλο βραχιόνιο μυ** καθ’ όλη την διάρκεια της κυκλικής προπόνησης. Επίσης, θα προσδιοριστούν οι τιμές της **αρτηριακής πίεσης**, της **υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης (RPE)**, η μέγιστη εκούσια ισομετρική συστολή χειρολαβής (MVIC) και τα επίπεδα **γαλακτικού οξέος** πριν, ενδιάμεσα και στο τέλος της κυκλικής προπόνησης.

### **Ενδεχόμενοι κίνδυνοι**

Λόγω της υψηλής έντασης της άσκησης κατά τη διάρκεια των πειραματικών συνθηκών, υπάρχει η πιθανότητα κάποιοι συμμετέχοντες να νιώσουν κούραση ή δυσφορία. Επίσης, κάποιοι συμμετέχοντες μπορεί να νιώσουν καθυστερημένο μυϊκό πόνο μετά τις πρώτες προπονήσεις, ο οποίος όμως είναι φυσιολογικός και παροδικός. Σε κάθε περίπτωση θα είναι παρόντες δύο από τους ερευνητές οι οποίοι γνωρίζουν πρώτες βοήθειες.

### **Οφέλη**

Θα λάβετε πληροφορίες για τη φυσική σας κατάσταση (αερόβια ικανότητα και διάφορες φυσιολογικές παραμέτρους). Επίσης, θα λάβετε θεωρητικές και πρακτικές γνώσεις για την φυσιολογία και την προπονητική της κυκλικής προπόνησης. Τέλος, θα γνωρίσετε και θα εξοικειωθείτε με βασικά όργανα μέτρησής των παραπάνω φυσικών ικανοτήτων.

### **Δήλωση συγκατάθεσης**

Δηλώνω ότι διάβασα, ενημερώθηκα πλήρως και κατανόησα τη διαδικασία διεξαγωγής της έρευνας με τίτλο «Φυσιολογικές αποκρίσεις και απόδοση κατά την κυκλική προπόνηση με διαφορετική διάρκεια περιόδων άσκησης και διαλείμματος». Μου δόθηκε το δικαίωμα να κάνω διευκρινιστικές ερωτήσεις και να αποφασίσω αν θα συμμετάσχω ή όχι. Ενημερώθηκα επίσης ότι η συμμετοχή μου είναι εθελοντική και οποιαδήποτε στιγμή μπορώ να αποσυρθώ από αυτή, χωρίς να έχω την υποχρέωση να εξηγήσω τους λόγους για τους οποίους θα το κάνω. Ενημερώθηκα επίσης ότι τα αποτελέσματα θα δημοσιευτούν σε περιοδικά ή συνέδρια και θα διατηρηθεί η ανωνυμία μου καθ’ όλη τη διαδικασία και μετά το πέρας της έρευνας.

Υπογραφή Ερευνητή

Υπογραφή Δοκιμαζόμενου