



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΤΟΜΕΑΣ ΑΘΛΗΤΙΑΤΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ**

**«ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΕΙΡΑΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ
ΣΕ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ
ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ»**

Παύλος Ευαγγελίδης

**Μεταπτυχιακή Διατριβή
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ»**

ΑΘΗΝΑ 2009

Copyright
Πάυλος Ευαγγελίδης
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Εθνικής Αντίστασης 41, Δάφνη, 172 37

Περίληψη

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΕΙΡΑΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΣΕ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ

Ευαγγελίδης Παύλος

Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού Πανεπιστημίου Αθηνών

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η άσκηση με αντιστάσεις αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο ενός ολοκληρωμένου προγράμματος εκγύμνασης. Οι επιδράσεις της άσκησης αυτής παρατηρούνται τόσο στο μυοσκελετικό όσο και στο νευρικό, καρδιαγγειακό, και ενδοκρινικό σύστημα καθώς και στο μεταβολισμό. Στην κλασική μορφή της προπόνησης αυτής, ο ασκούμενος εκτελεί όλες τις σειρές κάθε άσκησης πριν συνεχίσει στην επόμενη. Στην κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις πραγματοποιείται μία σειρά από κάθε άσκηση και ο κύκλος αυτός επαναλαμβάνεται, συνήθως, 2-3 φορές. Μεγάλος αριθμός ερευνών έχει εξετάσει τις φυσιολογικές προσαρμογές κατά τη διάρκεια άσκησης με αντιστάσεις τόσο στην κλασική της μορφή όσο και στη μορφή της κυκλικής προπόνησης. Καμία όμως έρευνα δεν έχει συγκρίνει τις φυσιολογικές αποκρίσεις κατά τη διάρκεια των δύο αυτών μορφών άσκησης με αντιστάσεις όταν παράγεται το ίδιο συνολικό έργο, στον ίδιο χρόνο άσκησης και με ίδιο χρόνο διαλείμματος. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να διερευνήσει τις επιδράσεις της σειράς εκτέλεσης των ασκήσεων σε φυσιολογικές παραμέτρους κατά την προπόνηση με αντιστάσεις σε κλασική και κυκλική μορφή.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Δέκα δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν συνολικά 9 ασκήσεις με αντίσταση 70% του 12-MAE. Σε κάθε άσκηση πραγματοποιήθηκαν 3 σειρές των 12 επαναλήψεων. Οι ασκήσεις εκτελέστηκαν σε δύο συνθήκες: στη μια συνθήκη οι δοκιμαζόμενοι ολοκλήρωσαν και τις τρεις σειρές κάθε άσκησης πριν συνεχίσουν στην επόμενη (Κλασική συνθήκη), ενώ στην άλλη εκτέλεσαν μία σειρά από κάθε άσκηση, πραγματοποιώντας συνολικά 3 τέτοιους κύκλους (Κυκλική συνθήκη). Μετρήθηκε η πρόσληψη του οξυγόνου κατά τη διάρκεια της άσκησης, η καρδιακή συχνότητα, η αρτηριακή πίεση, η συγκέντρωση του γαλακτικού, της αιμοσφαιρίνης και υπολογίστηκαν ο αιματοκρίτης, και οι μεταβολές του όγκου πλάσματος. Επίσης μετρήθηκε η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης.

Για τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε: α) περιγραφική στατιστική (Means, S.E.), β) Ανάλυση διασποράς δύο κατευθύνσεων (two-way ANOVA) για εξαρτημένα δείγματα. Το επίπεδο σημαντικότητας για όλες τις παραμέτρους ορίστηκε στο $p < 0,05$.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η καρδιακή συχνότητα ήταν υψηλότερη κατά την Κυκλική συνθήκη και κυμάνθηκε μεταξύ 70-80% της μέγιστης τιμής της κατά τους 3 κύκλους άσκησης, τόσο στην Κυκλική όσο και στην Κλασική συνθήκη. Η πρόσληψη οξυγόνου ήταν μεγαλύτερη κατά τους 3 κύκλους της Κυκλικής συνθήκης (43,5 vs. 34,3% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου, για την Κυκλική και την Κλασική συνθήκη αντίστοιχα, $p < 0,05$). Ακριβώς μετά την ολοκλήρωση του πρώτου κύκλου η αύξηση της συστολικής πίεσης ήταν στατιστικά σημαντική μόνο για την Κυκλική συνθήκη (αύξηση κατά 28 mmHg: από 136 ± 3 σε 163 ± 6 mmHg) και η τιμή της διατηρήθηκε αυξημένη και μετά την ολοκλήρωση του δεύτερου κύκλου (158 ± 6 mmHg) για τη συνθήκη αυτή. Στην Κλασική συνθήκη δεν παρουσιάστηκε σημαντική αύξηση της συστολικής πίεσης. Κατά την αποκατάσταση η συστολική πίεση παρουσίασε σταδιακή πτώση και στις δύο συνθήκες, με τάση να είναι στατιστικά σημαντική κατά το 20^ο λεπτό της αποκατάστασης της Κυκλικής συνθήκης σε σχέση με τις προασκησιακές τιμές. Η διαστολική πίεση ήταν σταθερή κατά την άσκηση και στις δύο συνθήκες, αλλά παρουσίασε

στατιστικά σημαντική πτώση κατά την αποκατάσταση (σε σχέση με την τιμή της προασκησιακά), η οποία ήταν εντονότερη για την Κλασική συνθήκη. Ο όγκος πλάσματος παρουσίασε σημαντική πτώση κατά την άσκηση και στις δυο συνθήκες ($>20\%$), ενώ κατά την αποκατάσταση, η αιμοσυμπύκνωση αυτή μειώθηκε σταδιακά ($\sim 16\%$ στο 4^ο λεπτό της αποκατάστασης και $\sim 11.5\%$ στο 20^ο λεπτό), παραμένοντας ωστόσο στατιστικά σημαντική, μέχρι και το 20^ο λεπτό της αποκατάστασης. Στην Κυκλική συνθήκη οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν μεγαλύτερο συνολικό όγκο άσκησης με χαμηλότερη υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης σε σχέση με την Κλασική

ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η Κυκλική μορφή της άσκησης με αντιστάσεις αποτελεί τον ιδανικότερο τρόπο κατανομής του συνολικού όγκου άσκησης σε σχέση με την Κλασική μορφή, όταν όλες υπόλοιπες παράμετροι παραμένουν σταθερές και μεταβάλλεται μόνο η σειρά εκτέλεσης των ασκήσεων. Η Κυκλική μορφή βελτιστοποιεί την αποκατάσταση μεταξύ των ασκήσεων και επιτρέπει την ολοκλήρωση μεγαλύτερου συνολικού όγκου άσκησης με χαμηλότερη αντίληψη της κόπωσης, σε σχέση με την Κλασική μορφή.

Τέλος, η άσκηση με αντιστάσεις σε Κυκλική μορφή αποτελεί ιδανικότερο ερέθισμα για τη δραστηριοποίηση του καρδιαγγειακού και του αναπνευστικού συστήματος σε σχέση με την Κλασική μορφή,

.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Σκοπός της έρευνας.....	2
1.2 Σημαντικότητα της έρευνας	2
1.3 Μεταβλητές.....	3
1.4 Ερευνητική υπόθεση	3
1.5 Οριοθετήσεις και περιορισμοί.....	3
1.6 Συντομογραφίες – Διευκρινιστικοί όροι	3
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	6
2.1 Βασικά χαρακτηριστικά της άσκησης με αντιστάσεις.....	6
2.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την άσκηση με αντιστάσεις	7
2.2.1 Τύπος μυϊκής συστολής	7
2.2.2 Τύπος ασκήσεων	8
2.2.3 Σειρά εκτέλεσης των ασκήσεων και δομή της προπόνησης	8
2.2.4 Ταχύτητα εκτέλεσης επαναλήψεων	9
2.3 Φυσιολογικές αποκρίσεις κατά την προπόνηση με αντιστάσεις.....	9
2.3.1 Καρδιαγγειακές αποκρίσεις	9
2.3.3 Οξεοβασική ισορροπία κατά την άσκηση με αντιστάσεις	19
2.3.4 Μυϊκή οξυγόνωση κατά την άσκηση με αντιστάσεις	21
2.3.5 Υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης κατά την άσκηση με αντιστάσεις	26
2.4 Κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις.....	28
2.4.1 Καρδιαγγειακές αποκρίσεις	29
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	35
3.1 Δείγμα	35
3.2 Διαδικασίες	35
3.3 Ασκησιολόγιο.....	36
3.4 Συνθήκες άσκησης	38
3.4.1 Συνθήκη Κυκλικής προπόνησης με αντιστάσεις	38
3.4.2 Συνθήκη Κλασικής προπόνησης με αντιστάσεις	39
3.5 Δοκιμασίες αξιολόγησης και όργανα μέτρησης	41
3.5.1 Σωματομετρήσεις	41
3.5.2 Δοκιμασία 12-ΜΑΕ	41
3.5.4 Δοκιμασία μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου	42
3.5.5 Αναπνευστικές παράμετροι	43
3.5.6 Καρδιακή συχνότητα	43
3.5.7 Αρτηριακή πίεση	43
3.5.8 Γαλακτικό	43
3.5.9 Αιματοκρίτης	44
3.5.10 Αιμοσφαιρίνη	44
3.5.11 Μεταβολές όγκου πλάσματος	45
3.5.12 Υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης	45
3.6 Στατιστική ανάλυση	46
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	47
4.1 Σωματομετρικά χαρακτηριστικά των δοκιμαζόμενων – δοκιμασία 12-ΜΑΕ	47
4.2 Καρδιαγγειακές - αναπνευστικές αποκρίσεις	48
4.3 Αιματολογικές αποκρίσεις	56
4.4 Συνολικός όγκος άσκησης	59
4.5 Υποκειμενική αντίληψη κόπωσης.....	60

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	62
5.1 Καρδιαγγειακές αποκρίσεις	62
5.2 Αναπνευστικές αποκρίσεις.....	67
5.3 Αιματολογικές αποκρίσεις	69
5.4 Συνολικός όγκος άσκησης	73
5.5 Υποκειμενική αντίληψη κόπωσης.....	77
5.6 Κλινικά συμπτώματα μετά από άσκηση με αντιστάσεις	79
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	81
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	82
8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	91
9. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	93
10. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ.....	97

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η άσκηση με αντιστάσεις αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο ενός ολοκληρωμένου προγράμματος εκγύμνασης τόσο σε επίπεδο αθλουμένων όσο και σε επίπεδο αθλητών. Χρησιμοποιείται ευρέως για την αύξηση της μυϊκής μάζας, τη βελτίωση της μέγιστης μυϊκής δύναμης, της μυϊκής ισχύος, της τοπικής μυϊκής αντοχής, της νευρομυϊκής συναρμογής καθώς και ως μέσο πρόληψης και αποκατάστασης τραυματισμών (Kraemer & Ratamess, 2004). Οι επιδράσεις της άσκησης με αντιστάσεις παρατηρούνται τόσο στο μυοσκελετικό όσο και στο νευρικό, καρδιαγγειακό και ενδοκρινικό σύστημα, καθώς και στο μεταβολισμό (Folland & Williams, 2007).

Η προπόνηση με αντιστάσεις σχεδιάζεται με βάση τους σκοπούς του προπονητικού προγράμματος και τις επιδιωκόμενες προσαρμογές. Οι απαιτήσεις διαφόρων αθλημάτων για δραστηριότητες κατά τις οποίες είναι απαραίτητη η συνύπαρξη υψηλής αερόβιας ικανότητας και υψηλών επιπέδων μυϊκής δύναμης και ισχύος, οδήγησαν στην προσπάθεια ταυτόχρονης ανάπτυξης των παραμέτρων αυτών (Nader, 2006). Μία τέτοια προσπάθεια συνδυαστικής εκγύμνασης του μυϊκού και του καρδιαγγειακού συστήματος αποτελεί η κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις. Η κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις αποτελείται από μία προκαθορισμένη σειρά ασκήσεων με αντιστάσεις, εμπλέκοντας εναλλάξ τους μυς του άνω και κάτω μέρους του σώματος. Στην πιο συνηθισμένη μορφή της, η κυκλική προπόνηση πραγματοποιείται με αντίσταση ίση με το 40-60% της μίας μέγιστης επανάληψης (1-MAE) και με μικρό διάλειμμα ανάμεσα στις ασκήσεις (15 s – 1 λεπτό). Μία πλήρης

κυκλική προπόνηση αποτελείται συνήθως από 1-3 κύκλους, ανάλογα με το επίπεδο του ασκουμένου και το σκοπό της προπόνησης (Beachle & Earle, 2008).

Υπάρχει μεγάλος αριθμός ερευνών που έχει εξετάσει τις προσαρμογές που προκύπτουν μετά από πρόγραμμα προπόνησης με αντιστάσεις τόσο στην κλασική της μορφή (εκτέλεση όλων των σειρών μιας άσκησης πριν την εκτέλεση της επόμενης) (Campos et al., 2002) όσο και στη μορφή της κυκλικής προπόνησης (Gotshalk et al., 2004). Καμία όμως έρευνα δεν έχει συγκρίνει τις φυσιολογικές αποκρίσεις κατά τη διάρκεια των δύο αυτών μορφών άσκησης με αντιστάσεις όταν παράγεται το ίδιο συνολικό έργο, στον ίδιο χρόνο άσκησης και με ίδιο χρόνο διαλείμματος.

1.1 Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να διερευνήσει τις επιδράσεις της σειράς εκτέλεσης των ασκήσεων (Κλασική έναντι Κυκλικής μορφής) σε φυσιολογικές παραμέτρους κατά την προπόνηση με αντιστάσεις.

1.2 Σημαντικότητα της έρευνας

Η παρούσα μελέτη είναι η πρώτη που συγκρίνει την επίδραση της σειράς των ασκήσεων σε φυσιολογικές παραμέτρους κατά την άσκηση με αντιστάσεις. Τα ευρήματα της μελέτης αυτής μπορεί να δώσουν πληροφορίες για το ποιοι είναι οι περιοριστικοί παράγοντες απόδοσης κατά την άσκηση με αντιστάσεις και σε ποιο βαθμό διαφοροποιούνται οι αποκρίσεις όταν μεταβάλλεται η σειρά με την οποία επιστρατεύονται οι μυϊκές ομάδες.

1.3 Μεταβλητές

Ως ανεξάρτητη μεταβλητή ορίζεται η σειρά των ασκήσεων με αντιστάσεις. Η άσκηση με αντιστάσεις διακρίνεται σε δύο τύπους: α) εκτέλεση της άσκησης με αντιστάσεις σε «Κυκλική μορφή» και β) εκτέλεση της άσκησης με αντιστάσεις σε «Κλασική μορφή».

Ως εξαρτημένες μεταβλητές ορίζονται οι αποκρίσεις της πρόσληψης οξυγόνου, της καρδιακής συχνότητας, της αρτηριακής πίεσης, της συγκέντρωσης του γαλακτικού, του αιματοκρίτη, της αιμοσφαιρίνης, των μεταβολών του όγκου πλάσματος και η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης.

1.4 Ερευνητική υπόθεση

Η αλλαγή της σειράς εκτέλεσης των ασκήσεων θα επηρεάσει σημαντικά τις φυσιολογικές αποκρίσεις κατά την άσκηση με αντιστάσεις. Συγκεκριμένα:

- α) Η άσκηση με αντιστάσεις στη μορφή της Κυκλικής συνθήκης θα επιφέρει εντονότερες καρδιαγγειακές και αναπνευστικές αποκρίσεις.
- β) Η Κλασική συνθήκη θα επιφέρει μεγαλύτερη τοπική μυϊκή κόπωση.

1.5 Οριοθετήσεις και περιορισμοί

Οριοθετήσεις αποτελούν:

- η ηλικία και το φύλο των δοκιμαζομένων
- η προπονητική εμπειρία των δοκιμαζομένων
- η σειρά εκτέλεσης των ασκήσεων κατά την Κυκλική και Κλασική μορφή
- οι συγκεκριμένες ασκήσεις που θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα μελέτη

1.6 Συντομογραφίες – Διευκρινιστικοί όροι

12-ΜΑΕ: 12-Μέγιστες επαναλήψεις,

1-MAE: 1-Μέγιστη επανάληψη,

AP: αρτηριακή πίεση

CRT: κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις

deoxy-Hb: αποξυγονωμένη αιμοσφαιρίνη

DNA: δεοξυριβονουκλεϊκό οξύ

DP: διαστολική πίεση

GH: αυξητική ορμόνη

H⁺: υδρογονοκατίοντα

Hb: αιμοσφαιρίνη

HR: καρδιακή συχνότητα

HRmax: μέγιστη καρδιακή συχνότητα

HRR: υπολειπόμενη καρδιακή συχνότητα

Ht: αιματοκρίτης

La: γαλακτικό

MAP: μέση αρτηριακή πίεση

MVC: μέγιστη εθελούσια συστολή

NO: μονοξείδιο του αζώτου

Οξυγόνο ανά παλμό (Oxygen pulse): Αποτελεί δείκτη των μεταβολικών απαιτήσεων των ιστών

oxy-Hb: οξυαιμοσφαιρίνη

PEH: μετασκησιακή υπόταση

PETCO₂: τελοεκπνευστική μερική πίεση διοξειδίου του άνθρακα

PETO₂: τελοεκπνευστική μερική πίεση οξυγόνου

Pi: ανόργανος φώσφορος

PV: όγκος πλάσματος

PVC: μεταβολές όγκου πλάσματος

Q: καρδιακή παροχή

RER: αναπνευστικό πηλίκο

RPE: υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης

Παράγωγο πίεσης x καρδιακής συχνότητας (rate-pressure product, RPP):

Αποτελεί δείκτη της οξυγόνωσης του μυοκαρδίου

SP: συστολική πίεση

SV: όγκος παλμού

total-Hb: ολική αιμοσφαιρίνη

VE: πνευμονικός αερισμός

VO₂: πρόσληψη οξυγόνου

VO₂max: μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου

VO₂R: υπολειπόμενη πρόσληψη οξυγόνου

Άσκηση με αντιστάσεις κλασικής μορφής: ο ασκούμενος εκτελεί ένα σύνολο ασκήσεων με αντιστάσεις ολοκληρώνοντας όλες τις σειρές κάθε άσκησης πριν προχωρήσει στην επόμενη.

Άσκηση με αντιστάσεις κυκλικής μορφής: ο ασκούμενος εκτελεί ένα σύνολο ασκήσεων με αντιστάσεις εμπλέκοντας εναλλάξ τους μυς τού άνω και κάτω μέρους του σώματος. Κύριο χαρακτηριστικό της μορφής αυτής είναι ότι ο ασκούμενος εκτελεί μία σειρά από κάθε άσκηση και αφού ολοκληρώσει όλες τις ασκήσεις, επαναλαμβάνει τον κύκλο συνήθως 2-3 φορές συνολικά.

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 Βασικά χαρακτηριστικά της άσκησης με αντιστάσεις

Ένα πρόγραμμα άσκησης με αντιστάσεις χαρακτηρίζεται από τρία βασικά στοιχεία: την ένταση, το συνολικό προπονητικό όγκο και το χρόνο αποκατάστασης μεταξύ των σειρών και των ασκήσεων.

Η ένταση αναφέρεται στην αντίσταση ενάντια στην οποία ασκείται ένας μυς ή μία μυϊκή ομάδα και εκφράζεται είτε ως ποσοστό της 1-Μέγιστης Επανάληψης (1-MAE), δηλαδή της αντίστασης με την οποία ο ασκούμενος μπορεί να εκτελέσει μόνο μία επανάληψη, είτε ως ο μέγιστος αριθμός επαναλήψεων που μπορεί να πραγματοποιήσει σε μια συγκεκριμένη αντίσταση (π.χ. 12-MAE) (Kraemer & Ratamess, 2004). Οι μεταβολές στην παραμέτρο της έντασης έχουν σημαντική επίδραση στις άμεσες μεταβολικές, νευρικές, ορμονικές και καρδιαγγειακές αποκρίσεις κατά την άσκηση (Kraemer & Ratamess, 2004). Η ένταση εμφανίζει αντίστροφη σχέση με τον προπονητικό όγκο και συγκεκριμένα με τον αριθμό των επαναλήψεων που μπορεί να εκτελέσει ο ασκούμενος σε μία συγκεκριμένη άσκηση. Όσο υψηλότερη είναι η αντίσταση τόσο λιγότερες επαναλήψεις μπορούν να εκτελεστούν. Επίσης, καθώς αυξάνεται η αντίσταση και κατά συνέπεια η δύναμη που πρέπει να εφαρμοστεί για την υπερνίκησή της, επιστρατεύονται περισσότερες και μεγαλύτερες κινητικές μονάδες (Wilmore & Costill, 2004). Αναλυτικότερα, σύμφωνα με την αρχή του μεγέθους για την επιστράτευση των κινητικών μονάδων, για κινήσεις που απαιτείται παραγωγή μικρής δύναμης επιστρατεύονται κινητικές μονάδες που νευρώνονται από νευρώνες μικρού μεγέθους. Αυτές οι κινητικές

μονάδες περιέχουν μυϊκές ίνες τύπου I. Με την αύξηση της αντίστασης και κατ'επέκταση της παραγόμενης δύναμης, επιστρατεύονται επιπρόσθετες κινητικές μονάδες που νευρώνονται από μεγαλύτερους σε διάμετρο νευρώνες και αποτελούνται από μυϊκές ίνες τύπου II (Wilmore & Costill, 2004).

Η δεύτερη βασική παράμετρος της άσκησης με αντιστάσεις είναι ο *προπονητικός όγκος*, ο οποίος ορίζεται ως το γινόμενο του συνολικού αριθμού των σειρών επί τον συνολικό αριθμό των επαναλήψεων που πραγματοποιήθηκαν επί την αντίσταση (kg) που χρησιμοποιήθηκε σε κάθε άσκηση (σειρές x επαναλήψεις x αντίσταση).

Η τρίτη βασική παράμετρος της άσκησης με αντιστάσεις είναι ο *χρόνος αποκατάστασης* μεταξύ των σειρών και των ασκήσεων και καθορίζεται με βάση την ένταση της άσκησης, τις επιδιωκόμενες προσαρμογές και το επίπεδο φυσικής κατάστασης του ασκούμενου. Ο χρόνος αποκατάστασης επιδρά σημαντικά στις μεταβολικές, καρδιαγγειακές και ορμονικές αποκρίσεις της άσκησης με αντιστάσεις (Kraemer et al., 1987, Kraemer & Ratamess, 2004).

2.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την άσκηση με αντιστάσεις

2.2.1 Τύπος μυϊκής συστολής

Ο σχεδιασμός ενός προγράμματος άσκησης με αντιστάσεις μπορεί να περιλαμβάνει μειομετρική, πλειομετρική και ισομετρική δράση των ασκούμενων μυών. Όταν οι μύες δρουν πλειομετρικά παράγουν μεγαλύτερη δύναμη και απαιτείται λιγότερη ενέργεια ανά μονάδα δύναμης, ενώ οι μεταβολικές απαιτήσεις της ισομετρικής μυϊκής δράσης είναι χαμηλότερες συγκριτικά με τις αντίστοιχες της δυναμικής (Kraemer & Ratamess, 2004). Ωστόσο, ένα τυπικό πρόγραμμα με αντιστάσεις αποτελείται από ασκήσεις που περιέχουν τόσο μειομετρική όσο και πλειομετρική δράση.

2.2.2 Τύπος ασκήσεων

Ένα πρόγραμμα άσκησης με αντιστάσεις αποτελείται από *μονοαρθρικές* ή/και *πολυαρθρικές* ασκήσεις. Οι μονοαρθρικές ασκήσεις εμπλέκουν μία μόνο άρθρωση ή μία μυϊκή ομάδα ενώ οι πολυαρθρικές ασκήσεις εμπλέκουν δύο ή περισσότερες αρθρώσεις ή μυϊκές ομάδες. Οι πολυαρθρικές ασκήσεις, εξαιτίας της συμμετοχής μεγαλύτερης μυϊκής μάζας και της υψηλότερης νευρικής ενεργοποίησης και συναρμογής που απαιτείται κατά την εκτέλεσή τους, έχει φανεί ότι προκαλούν εντονότερες μεταβολικές και ορμονικές αποκρίσεις (Ballor et al., 1987, Kraemer & Ratamess, 2004).

2.2.3 Σειρά εκτέλεσης των ασκήσεων και δομή της προπόνησης

Διακρίνονται τρεις κύριες δομές προπόνησης: α) προπόνηση ολόκληρου του σώματος β) προπόνηση μυϊκών ομάδων άνω/κάτω μέρους του σώματος και γ) προπόνηση μεμονωμένων μυϊκών ομάδων. Κατά την προπόνηση ολόκληρου του σώματος χρησιμοποιούνται ασκήσεις που εμπλέκουν όλες τις μεγάλες μυϊκές ομάδες, ενώ κατά την προπόνηση των μυϊκών ομάδων άνω/κάτω μέρους σώματος, ασκούνται σε διαφορετικές προπονητικές μονάδες οι μύες του άνω και κάτω μέρους του σώματος. Τέλος, κατά την προπόνηση μεμονωμένων μυϊκών ομάδων χρησιμοποιούνται ασκήσεις που εμπλέκουν την ίδια μυϊκή ομάδα π.χ. ‘μεγάλος θωρακικός/τρικέφαλος βραχιόνιος’. Η βασική διαφορά ανάμεσα στις παραπάνω δομές της προπόνησης με αντιστάσεις είναι ο βαθμός εξειδίκευσης, καθώς στην προπόνηση ολόκληρου του σώματος πραγματοποιούνται συνήθως 1-2 ασκήσεις ανά μυϊκή ομάδα ενώ κατά την προπόνηση μεμονωμένων μυϊκών ομάδων εκτελούνται 3-4 ασκήσεις για την ίδια ομάδα μυών (Kraemer & Ratamess, 2004).

2.2.4 Ταχύτητα εκτέλεσης επαναλήψεων

Έρευνες έχουν δείξει ότι η ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων σε ένα πρόγραμμα με αντιστάσεις επηρεάζει τις νευρικές και μεταβολικές αποκρίσεις (Hakkinen et al., 1985, Ballor et al., 1987). Η ταχύτητα με την οποία εκτελούνται οι επαναλήψεις καθορίζεται τόσο από ελεγχόμενους παράγοντες όπως οι στόχοι του προγράμματος άσκησης και η αντίσταση, όσο και από μη ελεγχόμενους παράγοντες όπως η κόπωση του ασκούμενου (Mookerjee & Ratamess, 1999). Όπως προκύπτει από την ταχοδυναμική σχέση, η παραγόμενη δύναμη βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με την ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων.

2.3 Φυσιολογικές αποκρίσεις κατά την προπόνηση με αντιστάσεις

2.3.1 Καρδιαγγειακές αποκρίσεις

2.3.1.1 Πρόσληψη οξυγόνου και καρδιακή συχνότητα

Οι καρδιαγγειακές αποκρίσεις που παρατηρούνται κατά την άσκηση με αντιστάσεις διαφέρουν σημαντικά σε σχέση με τις αντίστοιχες κατά την αερόβια άσκηση (Hurley et al., 1984). Κατά την αερόβια άσκηση, η πρόσληψη του οξυγόνου (VO_2) αυξάνεται σε αναλογία με την καρδιακή συχνότητα (HR). Ειδικότερα όταν η ένταση της άσκησης αυξάνεται πάνω από το 30% $\text{VO}_{2\text{max}}$ και το 50% HR_{max} , η σχέση VO_2 -HR γίνεται γραμμική (Gotshalk et al., 2004). Αντίθετα, κατά την άσκηση με αντιστάσεις, σε ένα δεδομένο ποσοστό της μέγιστης καρδιακής συχνότητας οι απαιτήσεις σε οξυγόνο είναι χαμηλότερες (Hurley et al., 1984). Αν και οι λόγοι που οδηγούν σε αυξημένη καρδιακή συχνότητα κατά την άσκηση με αντιστάσεις δεν έχουν αποσαφηνιστεί πλήρως, φαίνεται ότι σημαντικό ρόλο έχουν η αυξημένη συγκέντρωση κατεχολαμινών και γαλακτικού, η αυξημένη συμμετοχή ινών τύπου II,

το εντονότερο ασκησιογενές καρδιαγγειακό αντανακλαστικό πίεσης και τέλος η εκτέλεση χειρισμού Valsalva (Kang et al., 2005).

Η πρόσληψη οξυγόνου κατά την άσκηση με αντιστάσεις εξαρτάται από την δομή του προγράμματος, την ένταση της άσκησης, τη διάρκεια της αποκατάστασης ανάμεσα στις ασκήσεις και το συνολικό παραγόμενο έργο και κυμαίνεται από 30-50% της VO_{2max} (ACSM, 2000).

2.3.1.2 Αποκρίσεις της αρτηριακής πίεσης κατά την άσκηση με αντιστάσεις

Η αρτηριακή πίεση εξαρτάται από την καρδιακή παροχή και την συνολική περιφερική αντίσταση (MacDonald, 2002). Κατά την δυναμική άσκηση αυξάνεται σημαντικά η καρδιακή παροχή για την επαρκή αιμάτωση των ασκούμενων μυών. Η αύξηση αυτή επιτυγχάνεται μέσω της μειωμένης δράσης του παρασυμπαθητικού, της αυξημένης δράσης του συμπαθητικού και μέσω της αγγειοσυστολής των φλεβών (Delp & O'Leary, 2004). Επίσης κατά την άσκηση παρατηρείται αγγειοσυστολή στα αγγεία που αιματώνουν τους μη ενεργούς μύες και τα σπλάχνα, ενώ αντίθετα εμφανίζεται έντονη αγγειοδιαστολή των αρτηριδίων που αιματώνουν τους ασκούμενους μύες, την καρδιά και το δέρμα. Εξαιτίας της αυξημένης καρδιακής παροχής και της αγγειοσυστολής των αγγείων των μη ενεργών ιστών, αυξάνεται η συστολική πίεση. Ωστόσο, η έντονη αγγειοδιαστολή στους ενεργούς μύες αντισταθμίζει σε μεγάλο βαθμό την αύξηση της συστολικής πίεσης με αποτέλεσμα η διαστολική πίεση να εμφανίζει μικρή αύξηση (MacDonald, 2002). Τέλος, σημαντικός παράγοντας που συμβάλλει σε αυξημένη φλεβική επιστροφή κατά την άσκηση είναι η μηχανική δράση των ενεργών μυών που λειτουργούν ως αντλίες, προωθώντας το αίμα προς τον δεξιό κόλπο (μυϊκή αντλία), όπως επίσης και η

αυξημένη συχνότητα και το εύρος των αναπνοών (αναπνευστική αντλία) (MacDonald, 2002).

Οι μεταβολές της αρτηριακής πίεσης που προκαλούνται κατά την άσκηση με αντιστάσεις είναι εντονότερες σε σχέση με εκείνες που παρατηρούνται κατά τη δυναμική άσκηση (Fagart, 2006). Οι Palatini et al. (1989) σε έρευνά τους παρατήρησαν κατά τη διάρκεια άσκησης με αντιστάσεις, τιμές αρτηριακής πίεσης σχεδόν 3 φορές υψηλότερες από εκείνες της ηρεμίας (345/245 mmHg). Οι παράγοντες στους οποίους οφείλεται αυτή η αυξημένη απόκριση της αρτηριακής πίεσης σε αυτού του τύπου άσκηση, είναι η μηχανική συμπίεση των αγγείων και ο χειρισμός Valsalva που προκαλούν την εντονότερη απόκριση της αρτηριακής πίεσης σε σχέση με την αερόβια άσκηση.

Ο χειρισμός Valsalva περιλαμβάνει την προσπάθεια εκπνοής ενώ η γλωττίδα παραμένει κλειστή. Οι φυσιολογικές αλλαγές δακρίνονται σε τέσσερις φάσεις:

Φάση I: Η φάση αυτή αρχίζει με την έναρξη του χειρισμού. Αυξάνεται απότομα η συστολική και η διαστολική πίεση. Η καρδιακή συχνότητα παραμένει σταθερή ή αυξάνεται ελαφρά. Η φάση αυτή διαρκεί 3-4 s.

Φάση II: Μειώνεται η φλεβική επιστροφή και ο όγκος παλμού. Η αρτηριακή πίεση αρχίζει να πέφτει ενώ αυξάνεται η καρδιακή συχνότητα και η συνολική περιφερική αντίσταση. Σε 10-15 s από την έναρξη του χειρισμού η αρτηριακή πίεση πέφτει σε επίπεδα κάτω από τα επίπεδα ηρεμίας.

Φάση III: Ξεκινάει με τον τερματισμό του χειρισμού. Η αρτηριακή πίεση πέφτει παράλληλα με την μείωση της ενδοθωρακικής πίεσης. Διαρκεί ελάχιστα δευτερόλεπτα.

Φάση IV: Ο όγκος παλμού αυξάνεται και η συνολική περιφερική αντίσταση παραμένει υψηλή. Αυξάνεται η αρτηριακή πίεση και παραμένει στα αυτά επίπεδα για 3-8 s μετά το τέλος του χειρισμού. Τέλος ακολουθεί βραδυκαρδία.

Όταν πραγματοποιείται μία σειρά επαναλήψεων κατά την άσκηση με αντιστάσεις οι φάσεις του χειρισμού Valsalva διαφοροποιούνται. Σε κάθε επανάληψη ο χειρισμός διαρκεί μόνο για 3-5 s. Η φάση I, λόγω της μηχανικής δράσης των μυών, παρατείνεται. Οι φάσεις II και III, όπου παρατηρείται η μείωση της αρτηριακής πίεσης, δεν εμφανίζονται σε επαναλαμβανόμενες προσπάθειες. Συνεπώς, μικρής διάρκειας χειρισμοί Valsalva αποτελούνται μόνο από τις φάσεις I και IV με αποτέλεσμα η αρτηριακή πίεση να αυξάνεται καθ'όλη τη διάρκεια των επαναλήψεων. Οι Narloch et al. (1995) βρήκαν ότι σε επαναλαμβανόμενη άσκηση με αντιστάσεις η αρτηριακή πίεση αυξανόταν καθώς συνεχιζόταν η άσκηση. Η αύξηση αυτή αποδόθηκε στην αυξημένη απόκριση του αντανακλαστικού πίεσης εξαιτίας της κόπωσης.

Όπως αναφέρεται στη μελέτη των Narloch et al. (1995), έχουν διατυπωθεί επιφυλάξεις σχετικά με την ασφάλεια κατά την εκτέλεση του χειρισμού Valsalva και την επακόλουθη αύξηση της αρτηριακής πίεσης σε ακραία επίπεδα. Συγκεκριμένα έχουν αναφερθεί περιστατικά εγκεφαλικής αιμορραγίας και ανακοπής μετά από άσκηση με αντιστάσεις σε κατά τα άλλα υγιείς ασκούμενους. Οι Narloch et al. (1995) εξετάζοντας τις αποκρίσεις της αρτηριακής πίεσης κατά την άσκηση με αντιστάσεις με και χωρίς εκτέλεση του χειρισμού Valsalva, παρατήρησαν σημαντικά υψηλότερες τιμές της αρτηριακής πίεσης στην πρώτη περίπτωση (311/284 mmHg έναντι 198/175 mmHg) και συμπέραναν ότι η αποφυγή του χειρισμού Valsalva μειώνει τον κίνδυνο καρδιακής ανακοπής.

Οι διακυμάνσεις της αρτηριακής πίεσης κατά την άσκηση με αντιστάσεις σχετίζονται με τη φάση της άσκησης. Κατά τη μειομετρική φάση της άσκησης επιτυγχάνεται η μέγιστη τιμή της αρτηριακής πίεσης, ενώ με την ολοκλήρωση της φάσης αυτής παρατηρείται μείωση προς τα επίπεδα ηρεμίας ή και χαμηλότερα. Κατά την ακόλουθη πλειομετρική φάση η αρτηριακή πίεση αυξάνεται εκ νέου (Lentini et al., 1993). Σύμφωνα με τους MacDougall et al. (1992) η μέγιστη τιμή της αρτηριακής πίεσης κατά την άσκηση με αντιστάσεις δεν σχετίζεται με το μέγεθος της μυϊκής μάζας που εμπλέκεται ούτε με την απόλυτη δύναμη, αλλά με την σχετική ένταση στην οποία ασκούνται οι μύες. Στην ίδια έρευνα εξετάστηκε ακόμη η επίδραση της γωνίας της άρθρωσης του γόνατος κατά τις πιέσεις ποδιών στην απόκριση της αρτηριακής πίεσης τόσο σε δυναμική όσο και σε ισομετρική άσκηση έντασης 65% και 70% της μέγιστης εθελούσιας συστολής, αντίστοιχα. Παρατηρήθηκε ότι στις γωνίες όπου οι μύες βρίσκονταν σε ευνοϊκότερη θέση από πλευράς μηχανικής απόδοσης, η αρτηριακή πίεση ήταν χαμηλότερη σε σχέση με τις γωνίες όπου οι μύες δεν βρίσκονταν στην αποδοτικότερη θέση (MacDougall et al. 1992). Το εύρημα αυτό, σύμφωνα με τους ερευνητές, τονίζει την σχέση ανάμεσα στην σχετική ένταση της προσπάθειας και στην απόκριση της αρτηριακής πίεσης. Οι MacDougall et al. (1992) εξέτασαν την απόκριση της αρτηριακής πίεσης κατά την μέγιστη ισομετρική άσκηση διάρκειας 45 s και παρατήρησαν ότι η μέση αρτηριακή πίεση μετά την αρχική απότομη αύξηση διατηρήθηκε σε υψηλά επίπεδα. Προς το τέλος της άσκησης, και παρά την μείωση της παραγόμενης δύναμης, η μέση αρτηριακή πίεση σημείωσε άνοδο.

2.3.1.3 Αποκρίσεις της αρτηριακής πίεσης μετά το τέλος της άσκησης

Μετά το τέλος της άσκησης, η αρτηριακή πίεση επιστρέφει στα φυσιολογικά επίπεδα μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα. Έχει παρατηρηθεί ότι μετά από άσκηση, τόσο αερόβια όσο και άσκηση με αντιστάσεις, η αρτηριακή πίεση μειώνεται σε επίπεδα κάτω από τα προασκησιακά (Simao et al., 2005b). Ωστόσο, η πτώση της αρτηριακής πίεσης που παρατηρείται αμέσως μετά από άσκηση με αντιστάσεις και οφείλεται στην απότομη διάνοιξη των αγγείων μετά από μερικό ή ολικό αποκλεισμό της αρτηριακής κυκλοφορίας, δεν πρέπει να συγχέεται με την μετασκησιακή υπόταση, η οποία έχει διάρκεια μερικών λεπτών ή ωρών (MacDonald, 2002).

Οι μηχανισμοί που προκαλούν την μετασκησιακή υπόταση είναι υπό διερεύνηση. Ορισμένοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι μειώνεται η καρδιακή παροχή μετά την άσκηση (Forjaz et al., 2004) ενώ άλλοι παρατηρούν πτώση της συνολικής περιφερικής αντίστασης (MacDonald, 2002). Ωστόσο, οι Rueckert et al. (1996) μετά από άσκηση υπερτασικών δοκιμαζομένων, διάρκειας 45 λεπτών σε δαπεδοεργόμετρο, παρατήρησαν ότι η μετασκησιακή υπόταση εμφανίζει δύο φάσεις: στην πρώτη φάση η τοπική και συνολική περιφερική αντίσταση μειώνεται ενώ η καρδιακή παροχή παραμένει σταθερή ακολουθούμενη από τη δεύτερη φάση στην οποία αυξάνεται η συνολική περιφερική αντίσταση και μειώνεται η καρδιακή παροχή.

Δεν έχει αποσαφηνιστεί πλήρως η σχέση μεταξύ έντασης της άσκησης και μετασκησιακής υπότασης. Οι Piepoli et al. (1994) παρατήρησαν μετασκησιακή υπόταση μόνο κατά την μέγιστη ποδηλάτηση συγκριτικά με την ποδηλάτηση μέτριας και χαμηλής έντασης, ενώ οι Forjaz et al. (2004) παρατήρησαν ότι μετά από

αερόβια άσκηση υψηλής έντασης η μετασκησιακή υπόταση ήταν μεγαλύτερου βαθμού και διάρκειας σε σχέση με αντίστοιχη άσκηση μικρότερης διάρκειας. Αντίθετα, οι MacDonald et al. (1999) δεν βρήκαν διαφορές στο βαθμό εμφάνισης της μετασκησιακής υπότασης μετά από άσκηση στο κυκλοεργόμετρο διάρκειας 30 λεπτών σε διαφορετικές εντάσεις (50% και 75% $\text{VO}_{2\text{max}}$). Οι ίδιοι ερευνητές εξετάζοντας την επίδραση της διάρκειας της άσκησης στην μετασκησιακή υπόταση (10, 15, 30 και 45 λεπτά) μετά από άσκηση ίδιας έντασης (70% $\text{VO}_{2\text{peak}}$) δεν βρήκαν διαφορετικού μεγέθους μετασκησιακή υπόταση (MacDonald et al., 2000).

Τέλος, αναφορικά με το μέγεθος της μετασκησιακής υπότασης, έρευνες έχουν δείξει ότι σε άτομα με φυσιολογική πίεση οι μεταβολές στην αρτηριακή πίεση είναι της τάξης των 8/9 (SP/DP) mmHg και έχουν παρατηρηθεί σε αερόβιου τύπου άσκηση (MacDonald, 2002).

Δεν υπάρχουν έρευνες που να εξετάζουν την εμφάνιση μετασκησιακής υπότασης μετά από άσκηση με αντιστάσεις.

2.3.1.4 Άμεσες επιδράσεις της άσκησης με αντιστάσεις στα αγγεία

Λίγες έρευνες έχουν εξετάσει τις άμεσες επιδράσεις της προπόνησης με αντιστάσεις στην αγγειακή λειτουργία (ενδοτικότητα των αγγείων, λειτουργία ενδοθηλίου). Από την υπάρχουσα βιβλιογραφία έχει φανεί ότι αμέσως μετά από μία προπόνηση με αντιστάσεις τείνει να μειωθεί η ενδοτικότητα των αγγείων (Heffernan et al., 2007). Ωστόσο οι μηχανισμοί που εξηγούν την απόκριση αυτή δεν είναι γνωστοί. Οι De Van et al. (2005) παρατήρησαν μείωση της ενδοτικότητας των κεντρικών αρτηριών, η οποία διατηρήθηκε για λιγότερο από 60 min μετά το τέλος της άσκησης. Οι ερευνητές απέδωσαν την μεταβολή της ενδοτικότητας ως πιθανή απόκριση στις αλλαγές της αρτηριακής πίεσης, ενώ θεώρησαν πιθανό να οφείλεται

και στον αυξημένο συμπαθητικό αγγειοσυσταλτικό τόνο (sympathetic adrenergic vasoconstrictor tone) καθώς και σε πιθανή μείωση της λειτουργίας του ενδοθηλίου (De Van et al., 2005). Στην ίδια έρευνα βρέθηκε ότι αμέσως μετά την άσκηση η συστολική πίεση αυξήθηκε όταν αυτή μετρήθηκε στην καρωτίδα ενώ δεν παρατηρήθηκε μεταβολή της αρτηριακής πίεσης όταν αυτή μετρήθηκε στο βραχίονα. Τα παραπάνω ευρήματα οδήγησαν τους ερευνητές στο συμπέρασμα ότι η μέτρηση της αρτηριακής πίεσης σε κεντρικές αρτηρίες είναι πιθανό να αποκαλύπτει επιδράσεις της άσκησης με αντιστάσεις οι οποίες δεν γίνονται εμφανείς σε αγγεία της περιφέρειας όπου τυπικά γίνεται η μέτρηση της αρτηριακής πίεσης (De Van et al., 2005).

2.3.1.5 Άμεσες επιδράσεις της άσκησης με αντιστάσεις στην αιματική ροή στους μύες

Η αιματική ροή στους σκελετικούς μύες καθορίζεται τόσο από κεντρικούς όσο και τοπικούς μηχανισμούς καρδιαγγειακού ελέγχου. Οι τοπικοί μηχανισμοί που ελέγχουν την αυξημένη αιματική ροή στους ασκούμενους μυς, περιλαμβάνουν μεταβολικούς παράγοντες, το ενδοθήλιο, τις μεταδιδόμενες αποκρίσεις, το μυογενή έλεγχο και τη μυϊκή αντλία.

Η αύξηση της αιματικής ροής κατά την άσκηση εξαρτάται από τον τύπο των ενεργών μυϊκών ινών, την οξειδωτική τους ικανότητα και το πρότυπο επιστράτευσής τους. Σε άσκηση έντασης μικρότερης από 70% VO_2max , η αιματική ροή αυξάνεται κυρίως στις μυϊκές ίνες τύπου I και ΙΙΑ, ενώ για ένταση μεγαλύτερη του 70% VO_2max αυξάνεται στις μυϊκές ίνες τύπου ΙΙΧ (Delp & O'Leary, 2004). Έχει βρεθεί ότι σε ισομετρικές συσπάσεις έντασης 15-20% της μέγιστης εθελούσιας συστολής (MVC) η επακόλουθη αύξηση της ενδομυϊκής πίεσης οδηγεί σε μείωση της

αιματικής ροής. Περαιτέρω αύξηση της έντασης επιφέρει πλήρη απόφραξη των αγγείων. Η μείωση αυτή της παροχής αίματος – και κατ'επέκταση του οξυγόνου – στους ενεργούς μύες προκαλεί την αυξημένη συμμετοχή του αναερόβιου μεταβολισμού για την παραγωγή ενέργειας, συσσώρευση γαλακτικού και άλλων μεταβολικών παραπροϊόντων και τελικά επέρχεται κόπωση.

2.3.1.6 Άμεσες αποκρίσεις του όγκου πλάσματος σε άσκηση με αντιστάσεις

Ο όγκος πλάσματος αποτελεί μία σημαντική φυσιολογική παράμετρο, καθώς οποιεσδήποτε μεταβολές σε αυτήν προκαλούμενες από την άσκηση επηρεάζουν άλλες παραμέτρους, όπως την αρτηριακή πίεση, την καρδιακή παροχή και τη θερμορυθμιστική ικανότητα του οργανισμού. Αν και υπάρχει εκτεταμένη βιβλιογραφία σχετικά με την επίδραση της αερόβιας άσκησης στον όγκο πλάσματος, οι αλλαγές που προκαλεί η άσκηση με αντιστάσεις δεν έχουν μελετηθεί εκτενώς. Από την υπάρχουσα βιβλιογραφία προκύπτει ότι κατά την άσκηση με αντιστάσεις παρατηρείται μείωση του όγκου πλάσματος σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας έως και 22% (Craig et al., 2008). Οι βασικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τις μεταβολές του όγκου πλάσματος είναι η ένταση της άσκησης, η στάση του σώματος κατά την άσκηση, το ασκησιογενές αντανακλαστικό πίεσης (pressor response), οι μεταβολές της ωσμωμοριακότητας, η ενεργή μυϊκή μάζα, η απώλεια υγρών του σώματος και το συνολικά παραγόμενο έργο (Collins et al., 1989).

Οι Collins et al. (1989) έδειξαν ότι η μείωση του όγκου πλάσματος κατά την άσκηση με αντιστάσεις εμφανίζει γραμμική σχέση με την ένταση της άσκησης (1-MAE). Οι Craig et al. (2008) εξετάζοντας την επίδραση δύο διαφορετικών πρωτοκόλλων άσκησης με αντιστάσεις (10-MAE με 1 λεπτό αποκατάσταση και 5-MAE με 3 λεπτά αποκατάσταση), βρήκαν μείωση του όγκου πλάσματος (22,6%

έναντι 13%) και απέδωσαν το 40 και 47% αντίστοιχα της μείωσης αυτής στην επίδραση της στάσης του σώματος κατά την εκτέλεση των ασκήσεων. Αντιθέτως, οι Collins et al. (1986) σε έρευνά τους, υποστήριξαν ότι η μείωση του όγκου πλάσματος κατά 14,3% δεν επηρεάστηκε από τη στάση του σώματος. Το παραπάνω συμπέρασμα βασίστηκε στο γεγονός ότι δεν εντοπίστηκαν διαφορές στον αιματοκρίτη ή την συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι οι περισσότερες ασκήσεις του πρωτοκόλλου που εφαρμόστηκε απαιτούσαν όρθια στάση.

Η αυξημένη μέση αρτηριακή πίεση που παρατηρείται κατά την άσκηση με αντιστάσεις είναι δυνατόν να αποτελεί ένα πιθανό μηχανισμό για τις μεταβολές του όγκου πλάσματος (Craig et al., 2008). Η αύξηση της μέσης αρτηριακής πίεσης έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη τριχοειδική πίεση, η οποία ενισχύει την διήθηση του πλάσματος στο μεσοκυττάριο χώρο με συνέπεια την μείωση του όγκου πλάσματος. Παρόλα αυτά, έρευνες δείχνουν ότι η αυξημένη πίεση αυτή καθεαυτή δεν ευθύνεται για τις μεταβολές του όγκου πλάσματος, αλλά καθοριστικό ρόλο έχει η χρονική διάρκεια για την οποία παραμένει η μέση αρτηριακή πίεση σε υψηλά επίπεδα (Craig et al., 2008).

Ένας άλλος παράγοντας, στον οποίο πιθανόν οφείλεται η μείωση του όγκου πλάσματος κατά την άσκηση με αντιστάσεις, είναι η αυξημένη ωσμωμοριακότητα των μυών. Κατά την άσκηση με αντιστάσεις η ωσμωμοριακότητα των ενδομυϊκών και μεσοκυττάριων υγρών αυξάνεται εξαιτίας της διάσπασης γλυκογόνου και της συσσώρευσης H^+ και άλλων μεταβολιτών. Η αύξηση της ωσμωμοριακότητας του μεσοκυττάριου υγρού στους μύες οδηγεί σε μετατόπιση πλάσματος από τα αγγεία

σ'αυτούς με αποτέλεσμα την πτώση του όγκου πλάσματος (Ploutz-Snyder et al., 1995).

Η εφίδρωση και η απώλεια υγρών μέσω της αναπνευστικής οδού δεν φαίνεται να αποτελεί καθοριστικό παράγοντα μείωσης του όγκου πλάσματος κατά την άσκηση με αντιστάσεις. Σε έρευνα των Craig et al. (2008) παρατηρήθηκαν αμελητέες απώλειες υγρών, με αποτέλεσμα η μείωση του όγκου πλάσματος κατά 22,6% που βρέθηκε να μην αποδίδεται σε απώλεια σωματικών υγρών. Οι ίδιοι ερευνητές βρήκαν ότι το συνολικό παραγόμενο έργο πιθανόν επηρεάζει το βαθμό μεταβολής του όγκου πλάσματος κατά την άσκηση με αντιστάσεις (Craig et al., 2008). Συγκεκριμένα, η ομάδα που εκτέλεσε το πρωτόκολλο με το 10-MAE εμφάνισε μείωση του όγκου πλάσματος κατά 22,6% ενώ η ομάδα που χρησιμοποίησε 5-MAE εμφάνισε μείωση κατά 13%.

Τέλος, φαίνεται ότι οι μεγαλύτερες μεταβολές του όγκου πλάσματος εμφανίζονται στην αρχή της άσκησης με αντιστάσεις ενώ η περαιτέρω άσκηση έχει μικρή επίδραση. Οι Knowlton et al. (1987) παρατήρησαν τις μεγαλύτερες μεταβολές του όγκου πλάσματος μετά το τέλος της πρώτης σειράς της άσκησης. Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν και οι Craig et al. (2008) που παρατήρησαν ότι η μεγαλύτερη αύξηση του αιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης σημειώθηκε μετά την ολοκλήρωση της πρώτης σειράς. Τέλος, οι Ploutz et al. (1993) βρήκαν μείωση του όγκου πλάσματος αμέσως μετά από άσκηση με αντιστάσεις.

2.3.3 Οξεοβασική ισορροπία κατά την άσκηση με αντιστάσεις

Κατά την έντονη μυϊκή προσπάθεια μικρής διάρκειας όπου ο αναερόβιος μεταβολισμός αποτελεί την βασική οδό παραγωγής ενέργειας, παρατηρείται σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος στα μυϊκά κύτταρα

(Westerblad et al., 2002). Το γαλακτικό οξύ σε συνθήκες φυσιολογικού pH διασπάται, σχεδόν στο σύνολό του, σε ιόντα γαλακτικού (La^-) και σε ιόντα υδρογόνου (H^+). Πολλοί ερευνητές συμφωνούν ότι η αύξηση της συγκέντρωσης H^+ και η επακόλουθη πτώση του pH, επιδρά αρνητικά στην ικανότητα συνέχισης της μυϊκής προσπάθειας (Rieu et al., 1988). Έρευνες έχουν δείξει ότι η πτώση της μέγιστης παραγόμενης δύναμης σχετίζεται με τη μείωση του pH στα μυϊκά κύτταρα (Gladden, 2004). Σε μέγιστη άσκηση μικρής διάρκειας η συγκέντρωση La στο αίμα μπορεί να αυξηθεί σχεδόν κατά πέντε φορές σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας, ενώ η ενδομυϊκή συγκέντρωση γαλακτικού αυξάνεται 30 φορές πάνω από τα επίπεδα ηρεμίας. Οι Bogdanis et al. (1995), μετά από μέγιστη άσκηση στο κυκλοεργόμετρο διάρκειας 30 s, βρήκαν ότι η ενδομυϊκή συγκέντρωση του γαλακτικού είχε φτάσει στα $119 \text{ mmol} \cdot \text{kg dry wt}^{-1}$, ενώ στο αίμα η μέγιστη τιμή της συγκέντρωσης γαλακτικού παρατηρήθηκε μετά από 6 min αποκατάστασης και ήταν $13,6 \text{ mmol} \cdot \text{kg dry wt}^{-1}$. Παράλληλα οι τιμές του pH ήταν 6,72 και 7,08 αντίστοιχα. Όταν η άσκηση είναι επαναλαμβανόμενης μορφής παρατηρείται περαιτέρω αύξηση της συγκέντρωσης συγκέντρωσης γαλακτικού, ωστόσο ο ρυθμός αύξησης είναι μειούμενος. Κατά την άσκηση με αντιστάσεις παρατηρείται σημαντική διαταραχή της οξεοβασικής ισορροπίας ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται πρωτόκολλα που περιλαμβάνουν μέτριο προς μεγάλο αριθμό επαναλήψεων και αποκατάσταση μικρής διάρκειας (Smilios et al., 2007). Σε έρευνα των Linnamo et al. (2005) η συγκέντρωση γαλακτικού αίματος ήταν $11,5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ όταν χρησιμοποιήθηκε πρωτόκολλο 3 ασκήσεων με αντίσταση 10-MAE (5 σειρές) και αποκατάσταση 2 λεπτών μεταξύ των σειρών. Οι Kang et al. (2005) συνέκριναν τρία πρωτόκολλα άσκησης με αντιστάσεις διαφορετικής έντασης (60% 1-MAE / 15 επαναλήψεις, 75%

1-MAE/ 10 επαναλήψεις και 90% 1-MAE/ 4 επαναλήψεις) και βρήκαν ότι οι συγκεντρώσεις γαλακτικού στο αίμα αμέσως μετά το τέλος της άσκησης ήταν 15,3 mmol·L⁻¹, 13,9 mmol·L⁻¹ και 9,7 mmol·L⁻¹, αντίστοιχα. Οι ερευνητές απέδωσαν την μικρότερη αύξηση της [La⁻] μετά από το πρωτόκολλο υψηλής έντασης (90% 1-MAE) στο χαμηλότερο συνολικό έργο που πραγματοποιήθηκε συγκριτικά με τα άλλα δύο πρωτόκολλα. Τα παραπάνω αποτελέσματα επιβεβαιώνουν προηγούμενες έρευνες που είχαν δείξει παρόμοιες αυξήσεις της συγκέντρωσης γαλακτικού μετά από άσκηση με αντιστάσεις προσανατολισμένης στην ανάπτυξη μυϊκής υπερτροφίας και αντοχής (Smilios et al., 2003).

2.3.4 Μυϊκή οξυγόνωση κατά την άσκηση με αντιστάσεις

Έρευνες έχουν δείξει ότι συστολές έντασης 15-20% της μέγιστης εθελούσιας συστολής, αυξάνουν την ενδομυϊκή πίεση με αποτέλεσμα τη μερική απόφραξη των αγγείων και τελικά τη μείωση της αιματικής ροής από και προς τους εργαζόμενους μυς (deRuiter et al., 2007). Ισχυρότερες συστολές (>30% MVC) οδηγούν σε πλήρη απόφραξη των αγγείων, δημιουργώντας παροδικά ένα ισχαιμικό περιβάλλον στους ασκούμενους μύες (deRuiter et al., 2007). Το υποξικό ή ισχαιμικό ενδομυϊκό περιβάλλον σχετίζεται με την ταχύτερη εμφάνιση της κόπωσης καθώς οδηγεί σε άμεση πτώση της παραγόμενης δύναμης (Hogan et al., 1994). Αν και δεν συμφωνούν όλοι οι ερευνητές, φαίνεται ότι η πτώση της παραγόμενης δύναμης οφείλεται κυρίως στην έλλειψη (μερική ή ολική) οξυγόνου στους μυς παρά στην μείωση της αιματικής ροής καθεαυτής (Hogan et al., 1994). Συνεπώς, η επαναοξυγόνωση των μυών μεταξύ των επαναλήψεων σε μία άσκηση με αντιστάσεις ή κατά την διάρκεια της αποκατάστασης μεταξύ των σειρών, είναι σημαντικός

παράγοντας για την όσο το δυνατόν καλύτερη διατήρηση της παραγόμενης δύναμης και την καθυστέρηση εμφάνισης της κόπωσης.

Η συστηματική προπόνηση με αντιστάσεις σε συνθήκες υποξίας έχει φανεί ότι οδηγεί σε μυϊκή υπερτροφία και βελτίωση της μέγιστης δύναμης (Takarada et al., 2000). Οι παραπάνω προσαρμογές φαίνεται ότι σχετίζονται με τις αποκρίσεις που προκαλούνται κατά την διάρκεια της άσκησης με ισχαιμία καθώς έχει παρατηρηθεί αυξημένη συγκέντρωση γαλακτικού και άλλων μεταβολικών υποπροϊόντων (Pi), τα οποία συνδέονται με αυξημένες ορμονικές αποκρίσεις (GH, T) (Hoffmann et al., 2003). Επίσης έχει παρατηρηθεί παραγωγή reactive oxygen species (NO) και αυξημένη επιστράτευση ινών ταχείας συστολής (Shinohara et al., 1992, Takarada et al., 2000).

Παρά το γεγονός ότι υπάρχει αρκετή βιβλιογραφία σχετικά με την μυϊκή οξυγόνωση κατά την δυναμική και ισομετρική άσκηση, λίγες έρευνες έχουν εξετάσει τις άμεσες επιδράσεις της άσκησης με αντιστάσεις στην μυϊκή οξυγόνωση. Οι Tamaki et al. (1994) μελέτησαν τις αλλαγές στη μυϊκή οξυγόνωση κατά την εκτέλεση κάμψεων του βραχιόνιου δικεφάλου σε 3 συνθήκες: στην πρώτη οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν 1 σειρά των 10 επαναλήψεων χωρίς αντίσταση, στη δεύτερη 1 σειρά των 10 επαναλήψεων με αντίσταση 10-MAE και στην τρίτη συνθήκη 3 σειρές των 5 επαναλήψεων (δεν προσδιορίζεται η αντίσταση) με 1 λεπτό αποκατάσταση ανάμεσα στις σειρές. Αν και στην συνθήκη χωρίς αντίσταση δεν παρατηρήθηκαν μεταβολές στη μυϊκή οξυγόνωση, στη συνθήκη 1x10MAE οι μεταβολές στην οξυαιμοσφαιρίνη (oxy-Hb), αποξυγονωμένη αιμοσφαιρίνη (deoxy-Hb) και στην ολική αιμοσφαιρίνη (total-Hb) εμφάνισαν τις ίδιες τάσεις όπως και κατά την πειραματικά προκαλούμενη ισχαιμία. Η οξυαιμοσφαιρίνη μειώθηκε, η

δεοξυαιμοσφαιρίνη αυξήθηκε ενώ η ολική αιμοσφαιρίνη (έμμεσος δείκτης του όγκου αίματος) αμέσως μετά την έναρξη της άσκησης μειώθηκε και στη συνέχεια παρουσίασε σταδιακή αύξηση. Κατά την αποκατάσταση οι τιμές και των τριών παραμέτρων επανήλθαν στις προασκησιακές. Στη συνθήκη 3x5 με μικρό διάλειμμα, οι μεταβολές της οξυαιμοσφαιρίνης και της δεοξυαιμοσφαιρίνης ήταν παρόμοιες με εκείνες της συνθήκης 1x10-MAE. Όμως η ολική αιμοσφαιρίνη αυξήθηκε σε κάθε σειρά και κατά την αποκατάσταση απαιτήθηκαν περίπου 90 s μέχρι να επανέλθει στο επίπεδο της ηρεμίας. Με βάση τις παραπάνω αποκρίσεις οι ερευνητές συμπέραναν ότι κατά την άσκηση με αντιστάσεις προκαλείται μείωση της αιματικής ροής στους ασκούμενους μυς η οποία επιφέρει μείωση του παρεχόμενου οξυγόνου και ότι η απόκριση αυτή γίνεται εντονότερη όταν πραγματοποιούνται επαναλαμβανόμενα σειρές με μικρό διάλειμμα ανάμεσά τους. Πρέπει να επισημανθεί ωστόσο το γεγονός ότι το δείγμα στην παραπάνω έρευνα αποτέλεσαν 9 δοκιμαζόμενοι, ενώ η συνθήκη 3x5 εκτελέστηκε μόνο από 3 δοκιμαζόμενους.

Σε έρευνα των Azuma et al. (2000) εξετάστηκε η μυϊκή οξυγόνωση στον έξω πλατύ και τον ορθό μηριαίο κατά την έκταση του γόνατος σε τρεις διαφορετικές επιβαρύνσεις (20, 30 και 40% MVC). Οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν τις επαναλήψεις με ρυθμό $60 \text{ rep} \cdot \text{min}^{-1}$ μέχρι εξάντλησης. Βρέθηκε ότι ο κορεσμός της αιμοσφαιρίνης ήταν χαμηλότερος στον έξω πλατύ σε σχέση με τον ορθό μηριαίο στο 30% MVC, ενώ ήταν σημαντικά χαμηλότερος και στους δύο μύες στις υψηλότερες επιβαρύνσεις (30, 40% MVC) συγκριτικά με την χαμηλή αντίσταση (20% MVC). Στο τέλος της άσκησης, οι αποκρίσεις της οξυαιμοσφαιρίνης, της δεοξυαιμοσφαιρίνης και της ολικής αιμοσφαιρίνης δεν διέφεραν μεταξύ των διαφορετικών επιβαρύνσεων για τον ορθό μηριαίο. Αντίστοιχα, ο έξω πλατύς

εμφάνισε χαμηλότερες τιμές οξυαιμοσφαιρίνης και συνολικής αιμοσφαιρίνης στις υψηλότερες επιβαρύνσεις (30, 40% MVC) σε σχέση με την χαμηλή αντίσταση, ενώ η δεοξυαιμοσφαιρίνη δεν διαφοροποιήθηκε μεταξύ των διαφορετικών επιβαρύνσεων. Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι οι παραπάνω διαφορές μεταξύ του έξω πλατύ και του ορθού μηριαίου πιθανόν σχετίζονται με διαφορές στον τύπο των μυϊκών ινών, καθώς ο πρώτος έχει περισσότερες ίνες τύπου I με αποτέλεσμα να εμφανίζει μεγαλύτερη ικανότητα στην άσκηση σε συνθήκες υποξίας. Σε μία πιο πρόσφατη έρευνα, οι Hoffman et al. (2003) συνέκριναν τις επιδράσεις δύο διαφορετικών συνθηκών άσκησης με αντιστάσεις στην μυϊκή οξυγόνωση και στις ορμονικές αποκρίσεις. Στην πρώτη συνθήκη οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν βαθύ κάθισμα για 4 σειρές των 15 επαναλήψεων, με αντίσταση 60% 1-MAE (χαμηλή ένταση, LI), ενώ στη δεύτερη συνθήκη εκτέλεσαν 4 σειρές των 4 επαναλήψεων με αντίσταση 90% 1-MAE (υψηλή ένταση, HI). Και στις δύο συνθήκες η αποκατάσταση ανάμεσα στα σειρές ήταν 3min. Αν και δεν βρέθηκαν διαφορές στην αποξυγόνωση (deoxygenation) μεταξύ των δύο συνθηκών, η έναρξη της επανοξυγόνωσης (reoxxygenation) καθυστέρησε σημαντικά περισσότερο στην συνθήκη LI (44.1%). Το εύρημα αυτό αποδόθηκε από τους ερευνητές στην αυξημένη συγκέντρωση γαλακτικού που παρατηρήθηκε μετά την συνθήκη LI συγκριτικά με την συνθήκη HI ($15.3 \pm 2.3 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ έναντι $9.7 \pm 3.3 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$), η οποία οδήγησε σε μεγαλύτερο αποκορεσμό της αιμοσφαιρίνης (Borh effect). Στην αυξημένη συγκέντρωση γαλακτικού αποδόθηκε και η υψηλότερη συγκέντρωση GH μετά από τη συνθήκη LI συγκριτικά με την HI.

Οι Tanimoto & Ishi (2006) μέτρησαν την μυϊκή οξυγόνωση του έξω πλατύ μυ, κατά την έκταση του γόνατος και μετά το τέλος της άσκησης, σε τρεις διαφορετικές

ομάδες δοκιμαζομένων. Η πρώτη ομάδα εκτέλεσε την άσκηση με χαμηλή αντίσταση (50% 1-MAE) και αργό ρυθμό (3 s έκκεντρη φάση, 1 s παύση, 3 s μειομετρική φάση) (ομάδα LST), η δεύτερη ομάδα εκτέλεσε την άσκηση με υψηλή αντίσταση (80% 1-MAE) και κανονικό ρυθμό (1 s έκκεντρη φάση, 1 s παύση, 1 s μειομετρική φάση) (ομάδα HN) και τέλος η τρίτη ομάδα εκτέλεσε την άσκηση με χαμηλή αντίσταση (50% 1-MAE) και κανονικό ρυθμό (ομάδα LN). Και στις τρεις ομάδες η μυϊκή οξυγόνωση μειώθηκε αμέσως μετά την έναρξη της άσκησης, ενώ μετά το τέλος της έφτασε σε τιμές υψηλότερες από τις αρχικές. Η ομάδα LST παρουσίασε σημαντικά χαμηλότερες τιμές μυϊκής οξυγόνωσης σε σχέση με τις ομάδες HN και LN. Η απόκριση αυτή αποδόθηκε στο γεγονός ότι στην ομάδα LST ο έξω πλατύς παρουσίαζε συνεχή δραστηριότητα καθ'όλη τη διάρκεια της άσκησης κάτι που παρατηρήθηκε μέσω EMG. Επίσης η επαναοξυγόνωση μετά το τέλος της άσκησης ήταν σημαντικά υψηλότερη στις ομάδες LST και HN σε σχέση με την LN. Νεότερη έρευνα των Tanimoto et al. (2008) εφάρμοσε το ίδιο πρωτόκολλο με εκείνο των Tanimoto & Ishi (2006), με τη διαφορά ότι εκτελέστηκαν 5 διαφορετικές ασκήσεις για ολόκληρο το σώμα, ενώ η μυϊκή οξυγόνωση μετρήθηκε σε πολυαρθρική άσκηση (κάθισμα). Βρέθηκαν παρόμοιες αποκρίσεις στην μυϊκή οξυγόνωση κατά τη διάρκεια και μετά το τέλος της άσκησης οι οποίες αποδόθηκαν στην συνεχή μυϊκή δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της άσκησης. Από τις παραπάνω έρευνες γίνεται φανερό ότι διαφορετικός χειρισμός των μεταβλητών ενός προγράμματος με αντιστάσεις (αντίσταση, συνολικό έργο, διάρκεια αποκατάστασης, ταχύτητα επαναλήψεων) επιφέρει διαφορετικές μεταβολές στην μυϊκή οξυγόνωση. Η μέτρια ένταση (40-60% 1-MAE) σε συνδυασμό με υψηλό συνολικό παραγόμενο έργο και περιορισμένη αποκατάσταση φαίνεται ότι επιφέρει τις εντονότερες αποκρίσεις τόσο

κατά τη διάρκεια της άσκησης όσο και κατά την φάση της αποκατάστασης. Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα ευρήματα είναι δόκιμη η υπόθεση ότι οι υψηλές συγκεντρώσεις γαλακτικού και η καθυστερημένη επαναοξυγόνωση, που παρατηρούνται κατά την άσκηση μεγάλου συνολικού έργου (Hoffman et al., 2003), αποτελούν περιοριστικό παράγοντα στην ολοκλήρωση ενός προγράμματος κυκλικής προπόνησης με αντιστάσεις. Ωστόσο δεν έχει μελετηθεί η μυϊκή οξυγόνωση κατά τη διάρκεια ενός πλήρους προγράμματος άσκησης με αντιστάσεις είτε με τη τυπική μορφή της «κλασικής» εκτέλεσης των σειρές κάθε άσκησης, είτε με τη μορφή της κυκλικής προπόνησης με αντιστάσεις.

2.3.5 Υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης κατά την άσκηση με αντιστάσεις

Η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης (RPE), όπως αυτή αξιολογείται με τη βοήθεια κυρίως της κλίμακας Borg, αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο τόσο για την εκτίμηση όσο και για την ποσοτικοποίηση της έντασης της άσκησης (Day et al., 2004).

Παρά την ευρύτητα διαδεδομένη χρήση της κλίμακας Borg σε αερόβια άσκηση, λίγες έρευνες έχουν μελετήσει τη σχέση μεταξύ της υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης και των φυσιολογικών αποκρίσεων κατά την άσκηση με αντιστάσεις. Σύμφωνα με τους Pincivero et al. (2001) η σχέση μεταξύ υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης και έντασης της άσκησης με αντιστάσεις είναι γραμμική. Σε έρευνα των Lagally et al. (2002) οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν κάμψεις δικεφάλου με αντίσταση στο 30, 60 και 90% του 1-MAE πραγματοποιώντας 12, 6 και 4 επαναλήψεις αντίστοιχα, έτσι ώστε να διατηρηθεί το συνολικό έργο σταθερό. Βρέθηκε ότι όσο αυξανόταν η αντίσταση τόσο υψηλότερη ήταν η RPE-O (υποκειμενική αντίληψη κόπωσης για ολόκληρο το σώμα) και η RPE-AM

(υποκειμενική αντίληψη κόπωσης για τους ενεργούς μύες). Παράλληλα με τις αυξήσεις της RPE παρατηρήθηκε αύξηση στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του μυός και στη συγκέντρωση γαλακτικού, γεγονός που δείχνει την σύνδεση μεταξύ μεταβολών της RPE και μεταβολών σε φυσιολογικές παραμέτρους κατά την άσκηση με αντιστάσεις. Παρόμοια ευρήματα παρουσίασε και άλλη έρευνα όπου εξετάστηκε η επίδραση της αντίστασης κατά την άσκηση με αντιστάσεις στην RPE, διατηρώντας σταθερό το συνολικό έργο (Gearhart et al., 2002). Αναλυτικότερα, οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν 7 ασκήσεις σε δύο διαφορετικές συνθήκες· στην πρώτη πραγματοποίησαν 5 επαναλήψεις με αντίσταση στο 90% του 1-MAE (HIP) ενώ στη δεύτερη συνθήκη πραγματοποίησαν 15 επαναλήψεις με αντίσταση στο 30% του 1-MAE (LIP). Βρέθηκε ότι η RPE ήταν υψηλότερη όταν οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν τη συνθήκη HIP (υψηλή αντίσταση, λίγες επαναλήψεις) παρά το γεγονός ότι το συνολικό έργο ήταν το ίδιο και στις δύο συνθήκες. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με τη σχέση αντίστασης (%) – αριθμού επαναλήψεων, στο 90% του 1-MAE αντιστοιχούν σε περίπου 4-5 επαναλήψεις. Αντίθετα, οι 15 επαναλήψεις που εκτέλεσαν οι δοκιμαζόμενοι στη συνθήκη LIP αντιστοιχούν περίπου στο 65% του 1-MAE (Beachle & Earle, 2008). Γίνεται λοιπόν φανερό ότι στη HIP συνθήκη οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν κάθε άσκηση μέχρι εξάντλησης σε αντίθεση με τη LIP συνθήκη όπου θεωρητικά μπορεί να εκτελεστεί πολύ μεγαλύτερος αριθμός επαναλήψεων μέχρι το σημείο της εξάντλησης (>25). Είναι πιθανό αυτό να επηρέασε τα αποτελέσματα της παραπάνω έρευνας.

Σε έρευνα των Hollander et al. (2003) εξετάστηκε η RPE σε μειομετρικές και πλειομετρικές συστολές ίδιας απόλυτης αντίστασης (4 σειρές των 12 επαναλήψεων στο 80% του 1-MAE, με 90 s διάλειμμα). Βρέθηκε ότι οι μειομετρικές συστολές

προκάλεσαν υψηλότερη RPE συγκριτικά με τις πλειομετρικές συστολές στην ίδια απόλυτη ένταση. Το γεγονός αυτό αποδόθηκε στην ικανότητα των μυών να παράγουν 20-60% περισσότερη δύναμη κατά την πλειομετρική συστολή, κατά συνέπεια η σχετική αντίσταση ήταν χαμηλότερη σε αυτού του τύπου τη μυϊκή συστολή. Στην ίδια έρευνα βρέθηκε υψηλότερη καρδιακή απόκριση κατά την μειομετρική συστολή, καθώς και υψηλότερη συγκέντρωση γαλακτικού και κορτιζόλης. Τα παραπάνω δείχνουν ότι οι φυσιολογικές αποκρίσεις ακολουθούν την πορεία της RPE κατά την άσκηση με αντιστάσεις. Τέλος, σε έρευνα των Day et al. (2004) παρατηρήθηκε ότι η μέση RPE ενός προγράμματος με αντιστάσεις (μέτρηση της RPE στις επιμέρους ασκήσεις και υπολογισμός της μέσης τιμής) αντιστοιχεί στην RPE όπως αυτή προκύπτει από τη συνολική εκτίμηση του προγράμματος.

2.4 Κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις

Οι φυσιολογικές αποκρίσεις που επιφέρει η άσκηση σχετίζονται άμεσα με τη μορφή και τη διάρκειά της. Η αερόβια άσκηση χαρακτηρίζεται από παρατεταμένες προσπάθειες μικρής έντασης, ενώ η άσκηση με αντιστάσεις περιλαμβάνει επαναλαμβανόμενη μυϊκή δραστηριότητα υψηλής έντασης και μικρής διάρκειας. Ωστόσο, οι απαιτήσεις διαφόρων αθλημάτων για δραστηριότητες κατά τις οποίες είναι απαραίτητη η συνύπαρξη υψηλής αερόβιας ικανότητας και υψηλά επίπεδα μυϊκής δύναμης και ισχύος, οδήγησαν στην προσπάθεια ταυτόχρονης ανάπτυξης των παραμέτρων αυτών. Μία τέτοια προσπάθεια συνδυαστικής εκγύμνασης του μυϊκού και του καρδιαγγειακού συστήματος αποτελεί η κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις (CRT). Η κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις αποτελείται από μία προκαθορισμένη σειρά ασκήσεων με αντιστάσεις, εμπλέκοντας εναλλάξ τους μυς τού άνω και κάτω μέρους του σώματος. Στην πιο συνηθισμένη μορφή της, η κυκλική προπόνηση με

αντιστάσεις πραγματοποιείται με αντίσταση ίση με το 40-60% της μίας μέγιστης επανάληψης (1-MAE) και με μικρό διάλειμμα ανάμεσα στις ασκήσεις (15 s – 1 min). Μία πλήρης κυκλική προπόνηση αποτελείται συνήθως από 1-3 κύκλους, ανάλογα με το επίπεδο του ασκουμένου και το σκοπό της προπόνησης.

2.4.1 Καρδιαγγειακές αποκρίσεις

2.4.1.1 Πρόσληψη οξυγόνου και καρδιακή συχνότητα

Η επίτευξη αερόβιων προσαρμογών στον οργανισμό απαιτεί ερέθισμα (άσκηση) το οποίο υπερβαίνει ένα ελάχιστο κατώφλι έντασης και διάρκειας. Σημαντικό ρόλο στην επίτευξη των προσαρμογών έχει και το συνολικό παραγόμενο έργο που αντικατοπτρίζεται από τον αριθμό των θερμίδων (kcal) που καταναλώθηκαν κατά την άσκηση. Σύμφωνα με τις τελευταίες οδηγίες του Αμερικάνικου Κολλεγίου Αθλητιατρικής (ACSM), μία προπόνηση για να αποτελέσει επαρκές ερέθισμα έτσι ώστε να επέλθουν αερόβιες προσαρμογές θα πρέπει να έχει ένταση 65-90% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας (HRmax) ή 50-85% της υπολειπόμενης καρδιακής συχνότητας (HRR) ή της υπολειπόμενης πρόσληψης οξυγόνου (VO₂R). Η διάρκεια της άσκησης έχει άμεση σχέση με την έντασή της, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η εκτέλεση επαρκούς συνολικού έργου. Το ACSM προτείνει άσκηση συνολικής διάρκειας 20-60 λεπτών είτε σε συνεχόμενη είτε σε διαλειμματική μορφή. Τέλος, για την πραγματοποίηση του συνιστώμενου συνολικού ημερήσιου έργου απαιτείται κατανάλωση 150-400 kcal. Η βελτίωση του καρδιοαναπνευστικού συστήματος γίνεται φανερό κυρίως από τη μεταβολή της μέγιστης αερόβιας ικανότητας (VO₂max) (Bosquet et al., 2002). Η μεταβολή αυτή συνήθως είναι της τάξης του 10-30% και εξαρτάται κυρίως από το αρχικό επίπεδο των ασκουμένων (Jones and Carter, 2000).

Η κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις, σύμφωνα με τις περισσότερες έρευνες, επιφέρει βελτίωση της VO_2max κατά 5-6% (ACSM, 2000). Από τα αποτελέσματα της υπάρχουσας βιβλιογραφίας φαίνεται ότι η κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις δεν επιτυγχάνει να αυξήσει την πρόσληψη οξυγόνου κατά τη διάρκεια της άσκησης πάνω από 40-50% της μέγιστης τιμής της. Βρίσκεται, δηλαδή, στο κατώτερο όριο της συνιστώμενης από το ACSM έντασης για αερόβια άσκηση. Ωστόσο προκύπτει ότι η αντίσταση του καρδιαγγειακού συστήματος είναι υψηλή καθώς η καρδιακή συχνότητα είναι σημαντικά υψηλότερη, για την ίδια σχετική ένταση, κατά την κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις σε σύγκριση με τυπικές μορφές αερόβιας άσκησης (τρέξιμο, ποδηλασία κλπ.) (Gettman & Pollock, 1981).

Οι Wilmore et al. (1974) σε έρευνά τους έδειξαν ότι κατά την εκτέλεση κυκλικής προπόνησης με αντιστάσεις, αποτελούμενη από τρεις κύκλους των δέκα ασκήσεων σε κάθε κύκλο με λόγο άσκησης προς αποκατάσταση 30 s προς 15 s αντίστοιχα, οι άντρες ασκούσαν στο 39% VO_2max και στο 74% HRmax , ενώ οι γυναίκες ασκούσαν στο 45% και 84% αντίστοιχα. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσίασαν και οι Hurley et al. (1984). Πιο συγκεκριμένα, βρήκαν ότι κατά τη διάρκεια της κυκλικής προπόνησης με αντιστάσεις υψηλής έντασης η πρόσληψη οξυγόνου έφτανε στο 45% VO_2max . Ωστόσο, σε σύγκριση με άσκηση ίδιας σχετικής έντασης στο δαπεδοεργόμετρο, η καρδιακή συχνότητα ήταν σημαντικά υψηλότερη στην πρώτη μορφή άσκησης ($\text{HR}_{\text{CRT}} = 80\%\text{HRR}$, $\text{HR}_{\text{TR}} = 45\%\text{HRR}$). Σε μεταγενέστερη έρευνα όπου οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν 3 κύκλους των 9 ασκήσεων ο καθένας, με αντίσταση 40% 1-MAE και διάλειμμα μικρότερο των 30s, παρατηρήθηκε $\text{VO}_2 = 50\%\text{VO}_2\text{max}$ και $\text{HR} = 69\%\text{HRmax}$ (Garbutt et al., 1994). Σε μια πρόσφατη έρευνα όπου οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις

πραγματοποιώντας 4.6 κύκλους των 10 ασκήσεων ο καθένας και 10 επαναλήψεις σε κάθε άσκηση χωρίς όμως να υπάρχει διάλειμμα ανάμεσα στις ασκήσεις ή τους κύκλους, η πρόσληψη οξυγόνου διατηρήθηκε πάνω από το 50% $\text{VO}_{2\text{max}}$ για τα τελευταία 12 λεπτά της άσκησης, ενώ η καρδιακή συχνότητα παρέμεινε πάνω από το 70% HRmax για 16.6 λεπτά άσκησης (Gotshalk et al., 2004). Τέλος, οι Alcaraz et al. (2008) εφαρμόζοντας κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις με υψηλή αντίσταση (6-MAE) και εξετάζοντας την καρδιαγγειακή αντίσταση που προκαλεί, παρατήρησαν υψηλή καρδιακή συχνότητα σε σύγκριση με ένα τυπικό πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης (71% έναντι 62% HRmax) και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ένα τέτοιο πρωτόκολλο άσκησης είναι πιθανό να οδηγεί τόσο σε καρδιαγγειακές όσο και σε μυοσκελετικές προσαρμογές.

Η διαφορετική σχέση καρδιακής συχνότητας-πρόσληψης οξυγόνου κατά την κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις συγκριτικά με αερόβια άσκηση στο δαπεδοεργόμετρο ή στο κυκλοεργόμετρο αποδίδεται από τους ερευνητές σε διάφορους παράγοντες. Οι Wilmore et al. (1974) απέδωσαν τη μεγάλη διαφορά ανάμεσα στο έργο που αντιστοιχεί στη μέγιστη καρδιακή συχνότητα και την μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, στον τύπο της άσκησης όπου εμπλέκονται μύες κυρίως του κορμού και των άνω άκρων. Έχειδειχθεί ότι σε δεδομένη πρόσληψη οξυγόνου, η καρδιακή συχνότητα είναι υψηλότερη όταν η άσκηση πραγματοποιείται με τα χέρια σε σχέση με τα πόδια (Gotshalk et al., 2004). Οι Hurley et al. (1984) υποστηρίζουν την υπόθεση ότι κατά την κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις δεν αυξάνεται ο όγκος παλμού αναλογικά με την αύξηση των απαιτήσεων της άσκησης σε αιματική ροή και οξυγόνο με αποτέλεσμα να υπάρχει μειωμένη φλεβική επιστροφή. Κατά συνέπεια, η καρδιακή συχνότητα αυξάνεται για να αντισταθμιστεί

η μείωση του όγκου παλμού. Οι ερευνητές σημειώνουν ότι η παραπάνω υπόθεση υποστηρίζεται και από το γεγονός ότι βρήκαν χαμηλότερη περιεκτικότητα οξυγόνου ανά παλμό (oxygen pulse, έμμεσος δείκτης του όγκου παλμού) που μετρήθηκε κατά την κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις σε σύγκριση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα κατά το περπάτημα (10 έναντι $14 \text{ ml} \cdot \text{beat}^{-1}$). Οι ίδιοι ερευνητές αναφέρουν ότι είναι πιθανό η σχέση KΣ-VO_2 κατά την κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις να οφείλεται εν μέρει στον εντονότερο ερεθισμό της καρδιακής συχνότητας από τις κατεχολαμίνες.

Έχει βρεθεί ότι κατά την άσκηση με μικρές μυϊκές ομάδες η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα είναι υψηλότερη, συγκριτικά πάντα με άσκηση ίδιας σχετικής έντασης η οποία πραγματοποιείται με μεγαλύτερες μυϊκές ομάδες (Eklom et al., 1968). Για την εκτέλεση έργου ίδιας έντασης με μικρότερη μυϊκή μάζα, απαιτείται μεγαλύτερη ενεργοποίηση των ασκούμενων μυών με αποτέλεσμα την μείωση της αιματικής ροής και της μεταφοράς οξυγόνου στους μυς και τελικά τη συσσώρευση γαλακτικού. Οι Gotshalk et al. (2004) υποστηρίζουν ότι η υψηλή καρδιακή συχνότητα σε σχέση με την πρόσληψη οξυγόνου στην κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις είναι ενδεικτική της υψηλής συμμετοχής του αναερόβιου μεταβολισμού κατά την άσκηση αυτή. Είναι γνωστό ότι όταν οι μύες συσπώνται στο 10-15% της μέγιστης εθελούσιας συστολής, τα αιμοφόρα αγγεία συμπιέζονται λόγω των μηχανικών δυνάμεων που εφαρμόζονται σε αυτά και κατά συνέπεια υπάρχει μείωση της αιματικής ροής προς τους ενεργούς μυς.

2.4.1.2 Αρτηριακή Πίεση

Η τυπική απόκριση της αρτηριακής πίεσης που παρατηρείται στην άσκηση με αντιστάσεις είναι η έντονη αύξηση της αρτηριακής πίεσης, η οποία διατηρείται στα

υψηλά αυτά επίπεδα για λίγα δευτερόλεπτα και επανέρχεται στις προασκησιακές τιμές κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης μεταξύ των σειρών (Palatini et al., 1989). Ωστόσο, η δομή της κυκλικής προπόνησης με αντιστάσεις με την χαρακτηριστική μικρής διάρκειας αποκατάσταση (15 s – 1 λεπτό) δεν επιτρέπει την πλήρη επαναφορά της αρτηριακής πίεσης μεταξύ των ασκήσεων, με συνέπεια την διατήρησή της σε υψηλά επίπεδα ή ακόμα και την αύξησή της σε κάθε επόμενη άσκηση. Οι Pichon et al. (1996) συγκρίνοντας τις αποκρίσεις της αρτηριακής πίεσης στην κλασική και την κυκλική άσκηση με αντιστάσεις, δεν βρήκαν διαφορές μεταξύ των δύο. Παρόλα αυτά το παράγωγο αρτηριακής πίεσης x καρδιακής συχνότητας ($SP \cdot HR$) ήταν υψηλότερο κατά την κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις γεγονός που υποδηλώνει εντονότερη καρδιαγγειακή καταπόνηση σε αυτή τη μορφή άσκησης. Δεν υπάρχουν άλλες έρευνες που να έχουν εξετάσει τις αποκρίσεις της αρτηριακής πίεσης κατά την κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις.

Ο Fisher (2001) μελέτησε την αποκατάσταση της αρτηριακής πίεσης μετά από άσκηση με αντιστάσεις η οποία αποτελούνταν από 5 ασκήσεις που πραγματοποιούνταν σε 3 κύκλους των 15 επαναλήψεων με αντίσταση ίση με το 50% του 1-MAE. Στην παραπάνω έρευνα παρατηρήθηκε ότι για 60 min μετά το τέλος της άσκησης οι δοκιμαζόμενοι εμφάνισαν χαμηλότερη συστολική πίεση σε σχέση με την αντίστοιχη απόκριση της συνθήκης ελέγχου. Οι Simao et al. (2005) δεν βρήκαν διαφορές στην μετασκησιακή απόκριση της αρτηριακής πίεσης μεταξύ κυκλικής και κλασικής μορφής άσκησης με αντιστάσεις. Ωστόσο παρατήρησαν ότι στην κυκλική μορφή η μετασκησιακή υπόταση είναι μικρότερης διάρκειας συγκριτικά με την κλασική μορφή (40 λεπτά έναντι 60 λεπτών, αντίστοιχα). Είναι πιθανό η διαφορά αυτή να οφείλεται στην διαφορετική ένταση που εκτέλεσαν οι δοκιμαζόμενοι τις δύο

μορφές άσκησης με αντιστάσεις. Στην κυκλική μορφή χρησιμοποιήθηκε το 50% του 6-MAE και εκτέλεσαν 12 επαναλήψεις, ενώ στην κλασική μορφή χρησιμοποιήθηκε αντίσταση 6-MAE.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

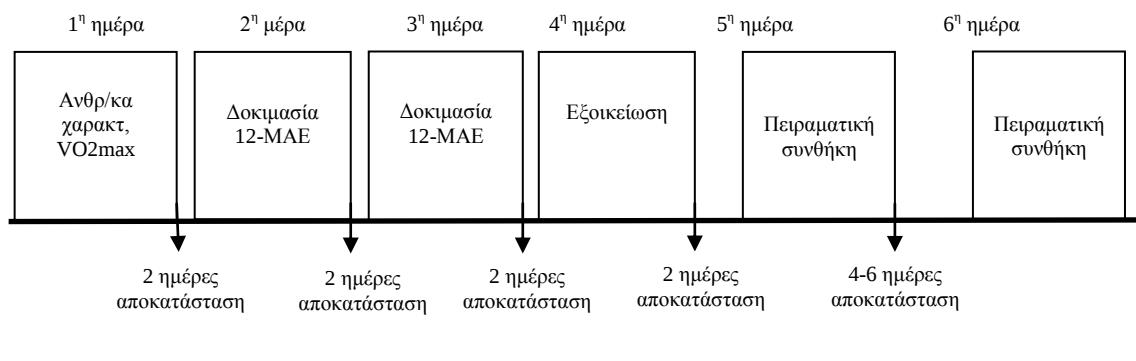
3.1 Δείγμα

Αρχικά, στην έρευνα συμμετείχαν 15 άνδρες ωστόσο εξαιτίας προβλημάτων υγείας που καθιστούσαν την ολοκλήρωση της διαδικασίας αδύνατη, ολοκλήρωσαν την έρευνα οι δέκα από αυτούς. Οι δοκιμαζόμενοι, ηλικίας 18-30 ετών, είχαν εμπειρία στην προπόνηση με βάρη τουλάχιστον ενός έτους για τη διασφάλιση ενός αρχικού επιπέδου εξοικείωσης με την τεχνική των ασκήσεων. Η επιλογή των δοκιμαζομένων έγινε με τυχαία δειγματοληψία από τους φοιτητές του Πανεπιστημίου Αθηνών. Όλοι οι δοκιμαζόμενοι ενημερώθηκαν γραπτά και προφορικά για το σύνολο των ερευνητικών διαδικασιών και για τους πιθανούς κινδύνους της έρευνας. Στη συνέχεια, υπέγραψαν έγγραφο συγκατάθεσης (Παράρτημα Α) και συμπλήρωσαν πλήρες ιατρικό ιστορικό (Παράρτημα Β).

3.2 Διαδικασίες

Οι δοκιμαζόμενοι επισκέφθηκαν το εργαστήριο συνολικά έξι διαφορετικές ημέρες. Στη 1^η επίσκεψη στο εργαστήριο καταγράφηκαν τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και πραγματοποιήθηκε η μέγιστη αερόβια δοκιμασία (VO_2max). Στη 2^η και 3^η επίσκεψή τους, και μετά την πάροδο δύο ημερών από την πρώτη τους επίσκεψη, οι δοκιμαζόμενοι εξοικειώθηκαν με τις 9 συνολικά ασκήσεις που περιλαμβάνονταν στο πειραματικό πρωτόκολλο και σύμφωνα με συγκεκριμένες οδηγίες (Παράρτημα Γ) έγινε προσδιορισμός και καταγραφή της σωστής τοποθέτησής τους στα όργανα. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η δοκιμασία για τον προσδιορισμό των 12-MAE σε κάθε μία άσκηση. Αναλυτικότερα, στη 2^η

επίσκεψη βρέθηκε το 12-MAE τεσσάρων ασκήσεων ενώ στην επόμενη των υπολοίπων πέντε. Δύο ημέρες μετά ακολούθησε η 4^η επίσκεψη των δοκιμαζομένων στην οποία οι δοκιμαζόμενοι εξοικειώθηκαν με την πειραματική διαδικασία. Δύο ημέρες μετά τις δοκιμασίες της 4^{ης} επίσκεψης, οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν, με τυχαία και αντισταθμισμένη σειρά, μία εκ των δύο πειραματικών συνθηκών. Στη μία συνθήκη οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν 9 ασκήσεις με αντιστάσεις σε μορφή κυκλικής προπόνησης (Κυκλική συνθήκη), ενώ στην άλλη εκτελούνταν οι ίδιες ασκήσεις σε μορφή κλασικής προπόνησης (Κλασική συνθήκη). Ο συνολικός χρόνος άσκησης όπως και η συνολική διάρκεια αποκατάστασης παρέμειναν σταθερά και στις δύο συνθήκες. Η εκτέλεση της δεύτερης συνθήκης πραγματοποιήθηκε στην 6^η επίσκεψη και αφού είχε παρέλθει χρονικό διάστημα 4-6 ημερών (Σχήμα 3.1).



Σχήμα 3.1 Πειραματικός σχεδιασμός

Οι δοκιμαζόμενοι είχαν λάβει το τελευταίο τους γεύμα τουλάχιστον 3 ώρες πριν, ενώ παράλληλα τους έχει συστηθεί να απέχουν από έντονες φυσικές δραστηριότητες τις τελευταίες 48 ώρες.

3.3 Ασκησιολόγιο

Η σειρά εκτέλεσης των ασκήσεων ήταν προκαθορισμένη:

Κυκλική συνθήκη

1. Κάμψεις και τάσεις των χεριών με μπάρα από ύπτια κατάκλιση σε οριζόντιο πάγκο (Πάγκος - flat bench press)
2. Κάμψεις και τάσεις των ποδιών από εδραία θέση σε μηχανήμα (Πιέσεις ποδιών - leg press)
3. Κάμψεις και τάσεις των χεριών από εδραία θέση (Καθιστή κωπηλατική - seated row)
4. Κάμψεις και τάσεις των χεριών με μπάρα από ύπτια κατάκλιση σε επικλινή πάγκο (Επικλινής πάγκος - Incline bench press)
5. Εκτάσεις ποδιών από εδραία θέση (Εκτάσεις τετρακεφάλων - leg extension)
6. Εμπροσθολαίμιες έλξεις τροχαλίας προς τα κάτω από εδραία θέση (Εμπροσθολαίμιες έλξεις τροχαλίας - lat pulldown)
7. Οπισθολαίμιες κάμψεις και τάσεις στον χεριών στην ανάταση από καθιστή θέση (Πιέσεις ώμων - shoulder press)
8. Κάμψεις ποδιών από θέση πρηνής κατάκλισης σε μηχανήμα (Κάμψεις οπίσθιων μηριαίων - leg curl)
9. Έλξεις μπάρας προς τα πάνω από όρθια θέση (Όρθια κωπηλατική - upright row)

Κλασική συνθήκη

1. Κάμψεις και τάσεις των χεριών με μπάρα από ύπτια κατάκλιση σε οριζόντιο πάγκο (Πάγκος - flat bench press)
2. Κάμψεις και τάσεις των χεριών από εδραία θέση (Καθιστή κωπηλατική - seated row)
3. Οπισθολαίμιες κάμψεις και τάσεις στον χεριών στην ανάταση από καθιστή θέση (Πιέσεις ώμων - shoulder press)
4. Εμπροσθολαίμιες έλξεις τροχαλίας προς τα κάτω από εδραία θέση (Εμπροσθολαίμιες έλξεις τροχαλίας - lat pulldown)
5. Κάμψεις και τάσεις των χεριών με μπάρα από ύπτια κατάκλιση σε επικλινή πάγκο (Επικλινής πάγκος - incline bench press)
6. Έλξεις μπάρας προς τα πάνω από όρθια θέση (Όρθια κωπηλατική - upright row)
7. Κάμψεις και τάσεις των ποδιών από εδραία θέση σε μηχανήμα (Πιέσεις ποδιών - leg press)

8. Κάμψεις ποδιών από θέση πρηνής κατάκλισης σε μηχανήμα (Κάμψεις οπίσθιων μηριαίων - leg curl)
9. Εκτάσεις ποδιών από εδραία θέση (Εκτάσεις τετρακεφάλων - leg extension)

3.4 Συνθήκες άσκησης

3.4.1 Συνθήκη Κυκλικής προπόνησης με αντιστάσεις

Με την άφιξή τους στο χώρο του εργαστηρίου οι δοκιμαζόμενοι ηρεμούσαν για 5 λεπτά καθιστοί και, στη συνέχεια, πραγματοποιούνταν οι μετρήσεις ηρεμίας της αρτηριακής πίεσης και λαμβάνονταν δείγματα αίματος από δάκτυλο του χεριού για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης του γαλακτικού και της αιμοσφαιρίνης και τον υπολογισμό του αιματοκρίτη. Ακολουθούσε προθέρμανση με τρέξιμο στο δαπεδοεργόμετρο για 5 λεπτά και διατατικές ασκήσεις για τις βασικές μυϊκές ομάδες του κορμού και των άνω και κάτω άκρων. Ακολούθως, οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν ένα πλήρη κύκλο από το πρωτόκολλο της Κυκλικής προπόνησης, με αντίσταση ίση με το 50-60% της αντίστασης που θα χρησιμοποιούνταν στην κυρίως δοκιμασία, εκτελώντας 8 επαναλήψεις σε κάθε άσκηση χωρίς διάλειμμα μεταξύ των ασκήσεων. Μετά το τέλος της προθέρμανσης τοποθετούνταν η μάσκα του φορητού εργοσπιρόμετρου και ξεκινούσαν την Κυκλική προπόνηση. Η Κυκλική προπόνηση αποτελούνταν από 9 ασκήσεις, με αντίσταση στο 70% 12-MAE, και οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν 12 επαναλήψεις σε κάθε άσκηση με ρυθμό 1 s για την πλειομετρική και 1 s για την μειομετρική φάση (ρυθμός 1:1). Ανάμεσα στις ασκήσεις υπήρχε αποκατάσταση 30 s και στο τέλος κάθε κύκλου 3 λεπτά, ενώ συνολικά πραγματοποιούνταν 3 κύκλοι. Αμέσως μετά το τέλος κάθε κύκλου, στο 3^ο λεπτό της αποκατάστασης μεταξύ των κύκλων και στο 2^ο, 5^ο, 10^ο, 15^ο και 20^ο λεπτό μετά το τέλος του πρωτοκόλλου καταγράφονταν η αρτηριακή πίεση. Για τον

υπολογισμό της συγκέντρωσης γαλακτικού και αιμοσφαιρίνης, του αιματοκρίτη, και των μεταβολών του όγκου πλάσματος, λαμβάνονταν δείγματα αίματος με την ολοκλήρωση κάθε κύκλου καθώς και στο 2°, 4°, 10° και 20° λεπτό μετά το τέλος του πρωτοκόλλου. Καθ'όλη τη διάρκεια της Κυκλικής προπόνησης γινόταν καταγραφή της καρδιακής συχνότητας τηλεμετρικά. Τα αναπνευστικά αέρια καταγράφονταν μέσω του φορητού αναλυτή αερίων καθ'όλη τη διάρκεια της άσκησης. Τέλος, αμέσως μετά την ολοκλήρωση καθε άσκησης καταγράφονταν η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης μέσω της κλίμακας Borg, τόσο για τους ενεργούς μυς όσο και συνολικά (Borg scale) (Σχήμα 3.2).

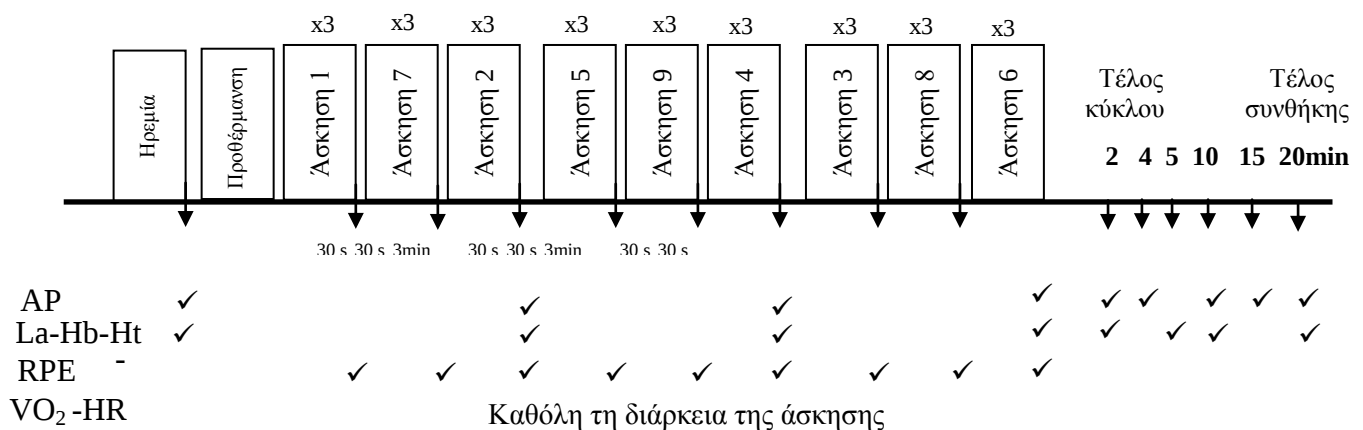


Σχήμα 3.2 Συνθήκη Κυκλικής προπόνησης με αντιστάσεις

3.4.2 Συνθήκη Κλασικής προπόνησης με αντιστάσεις

Στη Κλασική συνθήκη οι δοκιμαζόμενοι ακολούθησαν τις ίδιες διαδικασίες με εκείνες της Κυκλικής, ενώ οι ασκήσεις του πρωτοκόλλου εκτελέστηκαν με τη σειρά που προαναφέρθηκε (βλέπε παρ. 3.3). Επίσης, σε αυτή τη συνθήκη πραγματοποιούνταν και οι 3 σειρές σε κάθε άσκηση πριν ακολουθήσει η επόμενη. Η αποκατάσταση μεταξύ των σειρών ήταν 30 s, ενώ δίνονταν αποκατάσταση 3 λεπτών

μετά την 3^η και 6^η άσκηση. Η αρτηριακή πίεση καταγράφονταν αμέσως μετά το τέλος της 3^{ης} και 6^{ης} άσκησης και στο 3^ο λεπτό από την ολοκλήρωσή των ασκήσεων αυτών, καθώς και στο 2^ο, 5^ο, 10^ο, 15^ο και 20^ο λεπτό μετά το τέλος του πρωτοκόλλου. Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης γαλακτικού και αιμοσφαιρίνης, του αιματοκρίτη, και των μεταβολών του όγκου πλάσματος, λαμβάνονταν δείγματα αίματος με την ολοκλήρωση της 3^{ης}, 6^{ης} και 9^{ης} άσκησης καθώς και στο 2^ο, 4^ο, 10^ο και 20^ο λεπτό μετά το τέλος του πρωτοκόλλου. Καθ'όλη τη διάρκεια της Κλασικής συνθήκης γινόταν καταγραφή της καρδιακής συχνότητας τηλεμετρικά. Τα αναπνευστικά αέρια καταγράφονταν μέσω του φορητού αναλυτή αερίων καθ'όλη τη διάρκεια της άσκησης. Τέλος, αμέσως μετά την ολοκλήρωση αθε σειράς καταγράφονταν η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης μέσω της κλίμακας Borg, τόσο για τους ενεργούς μυς όσο και συνολικά (Borg scale) (Σχήμα 3.2).



Σχήμα 3.3 Συνθήκη Κλασικής προπόνησης με αντιστάσεις

3.5 Δοκιμασίες αξιολόγησης και όργανα μέτρησης

3.5.1 Σωματομετρήσεις

Το σωματικό ανάστημα των δοκιμαζόμενων μετρήθηκε με αναστημόμετρο με ακρίβεια 0,5 cm, ενώ η σωματική τους μάζα (σε kg) μετρήθηκε σε ζυγαριά ακριβείας 100 gr (Bilance SALUS, Italy). Για τον καθορισμό της σωματικής σύστασης των δοκιμαζόμενων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των δερματοπτυχών. Για το σκοπό αυτό μετρήθηκαν οι ακόλουθες δερματοπτυχές: τρικεφαλική, στήθους, υποπλάτια, μεσομασχαλιαία, υπερλαγόνια, κοιλιακή και μηριαία και χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση των Jackson & Pollock (1985).

3.5.2 Δοκιμασία 12-MAE

Αρχικά πραγματοποιούνταν προθέρμανση 5 λεπτών σε δαπεδοεργόμετρο με ταχύτητα 7 km/h και στη συνέχεια οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν διατακτικές ασκήσεις των μυϊκών ομάδων που θα χρησιμοποιούνταν στις ασκήσεις. Ακολουθούσε η εκτέλεση μία σειράς προθέρμανσης στην οποία οι δοκιμαζόμενοι πραγματοποιούσαν 8 επαναλήψεις με αντίσταση 50-60% του εκτιμώμενου 12-MAE. Στη συνέχεια τοποθετούνταν αντίσταση ίση με το εκτιμώμενο 12-MAE και οι δοκιμαζόμενοι επιχειρούσαν να εκτελέσουν 12 επαναλήψεις. Σε περίπτωση εκτέλεσης περισσότερων ή λιγότερων επαναλήψεων, ακολουθούσε αποκατάσταση 5 λεπτών και μία νέα προσπάθεια σε διαφορετική αντίσταση (αυξημένη ή μειωμένη αντίστοιχα). Κάθε δοκιμαζόμενος είχε δικαίωμα τεσσάρων προσπαθειών σε κάθε άσκηση για να επιτευχθεί το 12-MAE.

3.5.4 Δοκιμασία μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου

Η δοκιμασία της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ($\text{VO}_{2\text{max}}$) πραγματοποιούνταν σε δαπεδοεργόμετρο. Αρχικά, οι δοκιμαζόμενοι προθερμαίνονταν με τρέξιμο ταχύτητας 7-8 km/h και διάρκειας 3 λεπτών στο δαπεδοεργόμετρο και στη συνέχεια εκτελούσαν διατακτικές ασκήσεις για 2 λεπτά. Έπειτα, ξεκινούσε η δοκιμασία της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου, η οποία διαρκούσε περίπου 12-13 λεπτά. Πιο συγκεκριμένα, οι δοκιμαζόμενοι ξεκινούσαν τη δοκιμασία τρέχοντας με ταχύτητα 8,5 km/h και κλίση 1%. Στη συνέχεια, και ανά 1 λεπτό αυξανόταν η ταχύτητα κατά 0,5 km/h ενώ η κλίση διατηρούνταν σταθερή. Σε περίπτωση που κάποιος δοκιμαζόμενος ολοκλήρωνε 1 λεπτό τρέχοντας με ταχύτητα 14 km/h, ακολουθούσαν στάδια του 1 λεπτού με μεταβολή της κλίσης κατά 2% ενώ η ταχύτητα παρέμενε σταθερή. Η καρδιακή συχνότητα καταγραφόταν συνεχώς καθώς και το σύνολο των εισπνεόμενων και εκπνεόμενων αερίων μέσω αναλυτή αερίων ώστε να είναι δυνατός ο προσδιορισμός του αναερόβιου κατωφλιού, με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

1. Η καμπύλη του RER σε σχέση με το χρόνο αυξάνεται συνεχώς πέραν της μονάδος ($\text{RER} > 1,00$).
2. Η καμπύλη του VE/VO_2 σε σχέση με το VO_2 αυξάνεται, ενώ η αντίστοιχη καμπύλη του VE/VCO_2 παραμένει σταθερή.
3. Η καμπύλη του PETO_2 σε σχέση με το χρόνο αυξάνεται, ενώ η αντίστοιχη καμπύλη του PETCO_2 παραμένει σταθερή ή και μειώνεται ελαφρά.
4. Η καμπύλη του VE αυξάνεται εκθετικά σε σχέση με το χρόνο.
5. Τη σχέση VCO_2 με το VO_2 . (μέθοδος V-slope, Beaver et al., 1986).

3.5.5 Αναπνευστικές παράμετροι

Τόσο στη δοκιμασία της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου, όσο και καθ'όλη τη διάρκεια της άσκησης με αντιστάσεις, μετρήθηκε η πρόσληψη του οξυγόνου (VO_2) των δοκιμαζόμενων. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκε αναλυτής αναπνευστικών αερίων (K4b^2 , Cosmed, Italy), ο οποίος επιτρέπει επίσης τον υπολογισμό του πνευμονικού αερισμού (VE), τον όγκο του εκπνεόμενου διοξειδίου του άνθρακα (VCO_2), το αναπνευστικό πηλίκο (RER), την τελοεκπνευστική πίεση του οξυγόνου (PETO_2) και την τελοεκπνευστική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα (PETCO_2). Η εγκυρότητα και η αξιοπιστία του αναλυτή έχει εξεταστεί από τους Duffield et al. (2004).

3.5.6 Καρδιακή συχνότητα

Η καρδιακή συχνότητα μετρήθηκε τηλεμετρικά, με τη χρήση παλμογράφου (S610i, Polar Electro, Finland).

3.5.7 Αρτηριακή πίεση

Η αρτηριακή πίεση μετρήθηκε με ηλεκτρονικό πιεσόμετρο (Critikon Dinamap 1846 SX/P, USA). Η μέτρηση πραγματοποιούνταν στον αριστερό βραχίονα των δοκιμαζομένων και πάντα σε καθιστή θέση. Για τον έλεγχο της αξιοπιστίας πραγματοποιήθηκαν επαναλαμβανόμενες μετρήσεις κατά την ηρεμία και σε συνθήκες άσκησης.

3.5.8 Γαλακτικό

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του γαλακτικού χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της φασματοφωτομετρίας. Για το σκοπό αυτό λήφθηκαν δείγματα αίματος (20 μl) από το άκρο δακτύλου του χεριού τα οποία αναμείχθηκαν σε 200 μl

υπερχλωρικού οξέος 0,3M. Προστέθηκαν 25 μ l από το διάλυμα στα 725 μ l του μείγματος αντίδρασης (το οποίο περιέχει: 0,238 ml γλυκίνης, 0,475 ml απεσταγμένου νερού, 0,012 ml LDH και 1,189 mg NAD). Μετά από επώαση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για 30 λεπτά, μετρήθηκε η απορρόφηση σε φασματοφωτόμετρο (“Spectrophotometer 6300”, Jenway, UK) το οποίο είχε βαθμονομηθεί με blank (διάλυμα με μείγμα αντίδρασης και 25 μ l υπερχλωρικού 0,3M μόνο) και τα 3 πρότυπα (διαλύματα με προκαθορισμένη συγκέντρωση γαλακτικού 20, 80 και 120 $\text{mg} \cdot \text{dl}^{-1}$) στα 340 nm. Από την εξίσωση που προκύπτει από τις απορροφήσεις του blank και των standards υπολογίζεται η συγκέντρωση γαλακτικού των δειγμάτων. Για τον έλεγχο της αξιοπιστίας πραγματοποιήθηκαν επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε δείγματα ελέγχου και οι τιμές της συγκέντρωσης του γαλακτικού συγκρίθηκαν με τις τιμές αναφοράς σύμφωνα με την εταιρία.

3.5.9 Αιματοκρίτης

Για τον υπολογισμό του αιματοκρίτη λήφθηκε δείγμα αίματος από δάκτυλο του χεριού το οποίο φυγοκεντρήθηκε στα 14.800 x G για 5 λεπτά (Hawksley micro-haematocrit centrifuge, UK) και στη συνέχεια αναλύθηκε με το Hawksley micro-haematocrit reader . Η εγκυρότητα και αξιοπιστία έχουν ελεγχθεί από τους Arthurs et al. (2007).

3.5.10 Αιμοσφαιρίνη

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης της αιμοσφαιρίνης χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της μετατροπής της αιμοσφαιρίνης σε κυανομεθεμοσφαιρίνης (cyanomethemoglobin method). Αναλυτικότερα, λήφθηκε δείγμα αίματος από το άκρο δακτύλου του δεξιού χεριού του δοκιμαζόμενου (20 μ L), το οποίο αναμείχθηκε

σε 5 ml διαλύματος Drabkin's (Hemoglobin, Dr Lange Cuvette test, Germany). Στη συνέχεια το δείγμα τοποθετήθηκε σε φασματοφωτόμετρο τύπου "Spectrophotometer 6300" (Jenway, UK) όπου και μετρήθηκε η απορρόφηση του διαλύματος στα 540 nm. Από την εξίσωση που προέκυψε από τις απορροφήσεις του blank (σκέτο διάλυμα Drabkin's) και των standards (διαλύματα Drabkin's με προκαθορισμένη συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης 60, 120 και 180 mg·dl⁻¹) υπολογίστηκε η συγκέντρωση της αιμοσφαιρίνης των δειγμάτων. Για τον έλεγχο της αξιοπιστίας πραγματοποιήθηκαν επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε δείγματα ελέγχου και οι τιμές της συγκέντρωσης αιμοσφαιρίνης συγκρίθηκαν με τις τιμές αναφοράς σύμφωνα με την εταιρία.

3.5.11 Μεταβολές όγκου πλάσματος

Για τον υπολογισμό των μεταβολών του όγκου πλάσματος χρησιμοποιήθηκαν οι εξισώσεις των Dill and Costill (1974).

3.5.12 Υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης

Για τη μέτρηση της υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης χρησιμοποιήθηκε η 15-βάθμια κλίμακα Borg. Οι δοκιμαζόμενοι μετά το τέλος κάθε σειράς αξιολογούσαν με βάση την κλίμακα αυτή, την κόπωση στους μύες που μόλις χρησιμοποίησαν (ειδική) καθώς και την κόπωση που αισθάνονταν συνολικά (γενική). Η εγκυρότητα και η αξιοπιστία της διαδικασίας αυτής έχει εξεταστεί σε προηγούμενη έρευνα (Gearhart et al., 2001)

3.6 Στατιστική ανάλυση

- Χρησιμοποιήθηκε περιγραφική στατιστική για ανάλυση της ηλικίας των δοκιμαζομένων και των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών (μέσες τιμές, τυπικές αποκλίσεις).
- Για την στατιστική ανάλυση των εξαρτημένων μεταβλητών (πρόσληψη οξυγόνου, καρδιακή συχνότητα, συγκέντρωση γαλακτικού, αιμοσφαιρίνη, αιματοκρίτης, μεταβολές όγκου πλάσματος και υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης) στα δύο πρωτόκολλα (Κυκλική και Κλασική συνθήκη) πραγματοποιήθηκε ανάλυση διασποράς δύο κατευθύνσεων (two-way ANOVA) για εξαρτημένα δείγματα. Όπου εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά αναλύθηκε περαιτέρω με Tukey post-hoc test.
- Ο βαθμός συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών έγινε με τον υπολογισμό του συντελεστή συσχέτισης Pearson.

Το επίπεδο σημαντικότητας για όλες τις παραμέτρους ορίστηκε στο $p < 0,05$.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Σωματομετρικά χαρακτηριστικά των δοκιμαζόμενων – δοκιμασία 12-MAE

Η ηλικία και τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των δοκιμαζόμενων φαίνονται στον πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1. Ηλικία και σωματομετρικά χαρακτηριστικά των δοκιμαζόμενων (Μάζα Σώματος: ΣΒ, Σωματικό Λίπος: ΣΛ).

Ηλικία (έτη)	Ύψος (cm)	ΣΒ (kg)	ΣΛ (%)
24±1,5	174,9±2	76,5±2,4	8,9±0,7

Στον πίνακα 4.2 φαίνεται η απόδοση των δοκιμαζόμενων στη δοκιμασία των 12-MAE για κάθε άσκηση, καθώς και η τιμή με την οποία εκτέλεσαν οι δοκιμαζόμενοι τις ασκήσεις στις δύο δοκιμασίες (~70% του 12-MAE)

Πίνακας 4.2 Απόδοση των δοκιμαζόμενων στη δοκιμασία 12-MAE σε κιλά και σε κιλά ανά κίλο σωματικού βάρους καθώς και τα κιλά με τα οποία εκτέλεσαν οι δοκιμαζόμενοι τις ασκήσεις στις δυο δοκιμασίες. Η σειρά με την οποία παρουσιάζονται οι ασκήσεις αντιστοιχεί στη σειρά με την οποία εκτελέστηκαν αυτές κατά την πρώτη (α1-α4) και τη δεύτερη (β1-β5) μέρα πραγματοποίησης της δοκιμασίας 12-MAE.

	Άσκηση	12-MAE (kg)	12-MAE (kg/kg ΣΒ)	70 % 12-MAE (kg)	70 % 12-MAE (kg/kg ΣΒ)
α1	Εμπροσθολαίμιες έλξεις τροχαλίας	64,6±3,4	0,84±0,03	45,60±2,50	0,60±0,03
α2	Πάγκος	69,0±6,1	0,89±0,06	48,00±4,34	0,63±0,05
α3	Πιέσεις ποδιών	211,5±12,9	2,77±0,15	153,25±9,94	2,01±0,12
α4	Όρθια κωπηλατική	36,5±2,4	0,47±0,02	25,50±1,66	0,33±0,02
β1	Επικλινής πάγκος	55,3±4,9	0,71±0,04	38,75±3,54	0,51±0,04
β2	Καθιστή κωπηλατική	68,1±3,8	0,89±0,03	48,25±2,60	0,63±0,03
β3	Εκτάσεις τετρακεφάλων	52,8±3,3	0,69±0,04	37,13±2,25	0,49±0,03
β4	Πιέσεις ώμων	47,3±2,7	0,62±0,02	27,75±1,63	0,36±0,02
β5	Κάμψεις οπίσθιων μηριαίων	26,4±2,0	0,34±0,02	18,75±1,34	0,25±0,02

4.2 Καρδιαγγειακές - αναπνευστικές αποκρίσεις

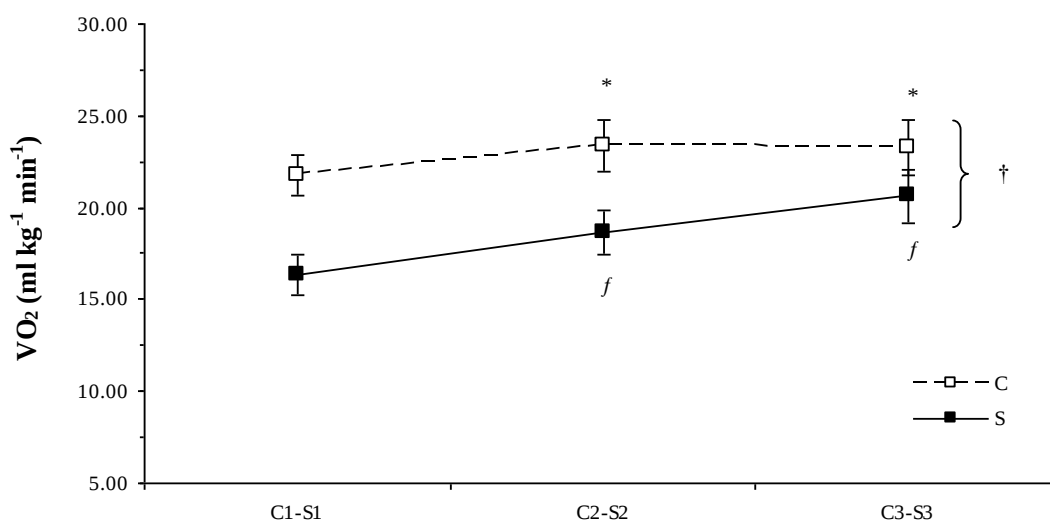
Πρόσληψη οξυγόνου

Η μέγιστη πρόσληψη των δοκιμαζόμενων και η πρόσληψη του οξυγόνου κατά τις δύο συνθήκες φαίνονται στον πίνακα 4.3.

Πίνακας 4.3 Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου των δοκιμαζόμενων και πρόσληψη οξυγόνου ανά κύκλο (9 ασκήσεις) για την Κλασική και την Κυκλική συνθήκη. † $p < 0,05$ διαφορά από τις αντίστοιχες τιμές της Κυκλικής συνθήκης. Σε παρένθεση η πρόσληψη του οξυγόνου ως ποσοστό επί της μέγιστης πρόσληψης.

	1 ^{ος} κύκλος ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	2 ^{ος} κύκλος ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	3 ^{ος} κύκλος ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	Μέγιστη VO_2 ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)
Κλασική	$16,96 \pm 1,08^\dagger$ (31,5%)	$18,34 \pm 1,23^\dagger$ (34,5%)	$19,92 \pm 1,46^\dagger$ (37%)	$53,77 \pm 1,79$
Κυκλική	$22,05 \pm 1,08$ (41%)	$24,04 \pm 1,41$ (44,7%)	$24,02 \pm 1,47$ (44,7%)	

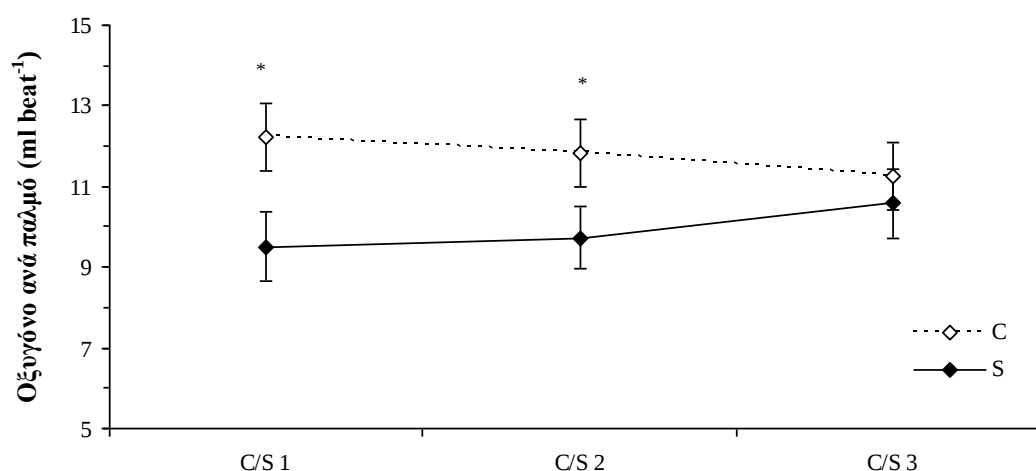
Η συνθήκη της άσκησης προκάλεσε κύρια επίδραση ($p < 0,05$) στη πρόσληψη του οξυγόνου, με τις τιμές να είναι στατιστικά σημαντικά υψηλότερες στην Κυκλική απ' ό τι στην Κλασική συνθήκη (σχήμα 4.1). Ωστόσο, δεν παρουσιάστηκε αλληλεπίδραση (Συνθήκη x Χρονική στιγμή λήψης της τιμής) στα δεδομένα αυτά.



Σχήμα 4.1 Κύρια επίδραση της συνθήκης (Κυκλική έναντι Κλασικής, † $p < 0,05$) και του χρόνου (*, f $p < 0,01$) στη πρόσληψη οξυγόνου ανά κύκλο κατά την Κυκλική (C, λευκά σύμβολα) και την Κλασική (S, μαύρα σύμβολα) συνθήκη. Οι τιμές δεν παρουσιάζουν αλληλεπίδραση (Συνθήκη x Χρόνος).

Οξυγόνο ανά παλμό

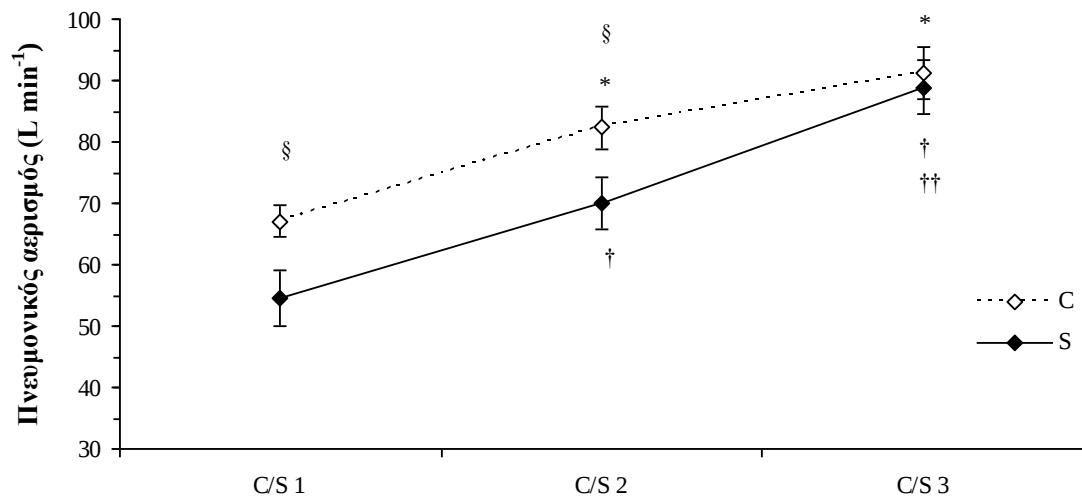
Υπήρξε αλληλεπίδραση Συνθήκης x Χρόνου στην παροχή οξυγόνου ανά παλμό ($p < 0,01$). Οι τιμές κατά την Κυκλική συνθήκη ήταν σημαντικά υψηλότερες κατά τον πρώτο και δεύτερο κύκλο έναντι των αντίστοιχων τιμών της Κλασικής συνθήκης (Σχήμα 4.2).



Σχήμα 4.2 Οξυγόνο ανά παλμό κατά τους τρεις κύκλους στην Κυκλική (C, λευκά σύμβολα) και στην Κλασική (S, μαύρα σύμβολα) συνθήκη. *: $p < 0,01$ Αλληλεπίδραση της Συνθήκης και του Χρόνου.

Πνευμονικός αερισμός

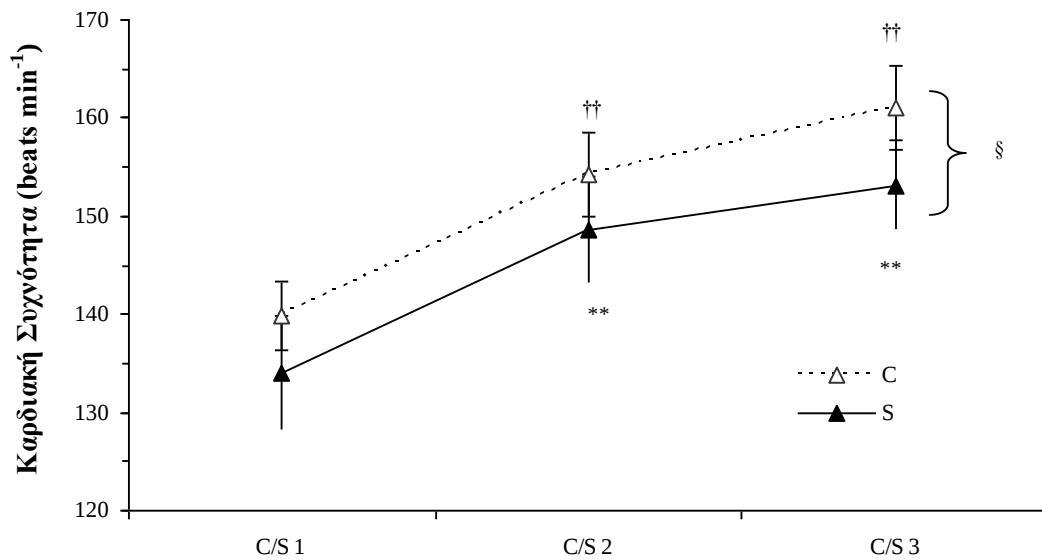
Αλληλεπίδραση Συνθήκης x Χρόνου ($p < 0,01$) υπήρξε και στον πνευμονικό αερισμό κατά την άσκηση με την Κυκλική συνθήκη να παρουσιάζει σημαντικά αυξημένες τιμές κατά τους δύο πρώτους κύκλους σε σχέση με την Κλασική συνθήκη. Ο πνευμονικός αερισμός στους δύο τελευταίους κύκλους διέφερε σημαντικά συγκριτικά με τον πρώτο και στις δύο συνθήκες ($p < 0,01$), ενώ κατά την Κλασική συνθήκη ο πνευμονικός αερισμός κατά τον τρίτο κύκλο ήταν υψηλότερος από τον δεύτερο της ίδιας συνθήκης (Σχήμα 4.3).



Σχήμα 4.3 Πνευμονικός αερισμός κατά την άσκηση. §: $p < 0,01$ Αλληλεπίδραση του Χρόνου και της Συνθήκης, *: $p < 0,01$ από την τιμή του πρώτου κύκλου κατά την Κυκλική συνθήκη (C 1, λευκά σύμβολα), †: $p < 0,01$ από την τιμή του πρώτου κύκλου κατά την Κλασική συνθήκη (S 1, μαύρα σύμβολα), ††: $p < 0,01$ από την τιμή του δεύτερου κύκλου κατά την Κλασική συνθήκη (S 2).

Καρδιακή συχνότητα

Υπήρξε κύρια επίδραση της Συνθήκης (Κυκλική έναντι Κλασικής) στην καρδιακή συχνότητα κατά τη διάρκεια της άσκησης. Στο σχήμα 4.4 παρουσιάζονται οι καρδιακές συχνότητες κάθε κύκλου στις δύο συνθήκες. Τόσο στην Κυκλική όσο και στην Κλασική συνθήκη, η καρδιακή συχνότητα κατά τη διάρκεια του δεύτερου και τρίτου κύκλου ήταν σημαντικά αυξημένη σε σχέση με τον πρώτο κύκλο ($p < 0,01$). Ωστόσο, οι τιμές δεν παρουσιάζουν αλληλεπίδραση (Συνθήκη x Χρόνος).



Σχήμα 4.4 Καρδιακή συχνότητα ανά κύκλο (9 ασκήσεις) για την Κυκλική (C, λευκά σύμβολα) και την Κλασική (S, μαύρα σύμβολα) συνθήκη. §: $p < 0,05$ Κύρια επίδραση της Συνθήκης (Κυκλική έναντι Κλασικής) †† $p < 0,01$ διαφορά από την τιμή του πρώτου κύκλου στην Κυκλική συνθήκη (C 1), **: $p < 0,01$ διαφορά από την τιμή του πρώτου κύκλου στην Κλασική συνθήκη (S 1). Οι τιμές δεν παρουσιάζουν αλληλεπίδραση (Συνθήκη x Χρόνος).

Η μέγιστη καρδιακή συχνότητα των δοκιμαζόμενων φαίνεται στον πίνακα 4.4. Το ποσοστό της καρδιακής συχνότητας κατά τον πρώτο κύκλο ήταν περίπου 70% της μέγιστης, ενώ στο δεύτερο και τρίτο κύκλο αυξήθηκε σημαντικά φτάνοντας το 80%.

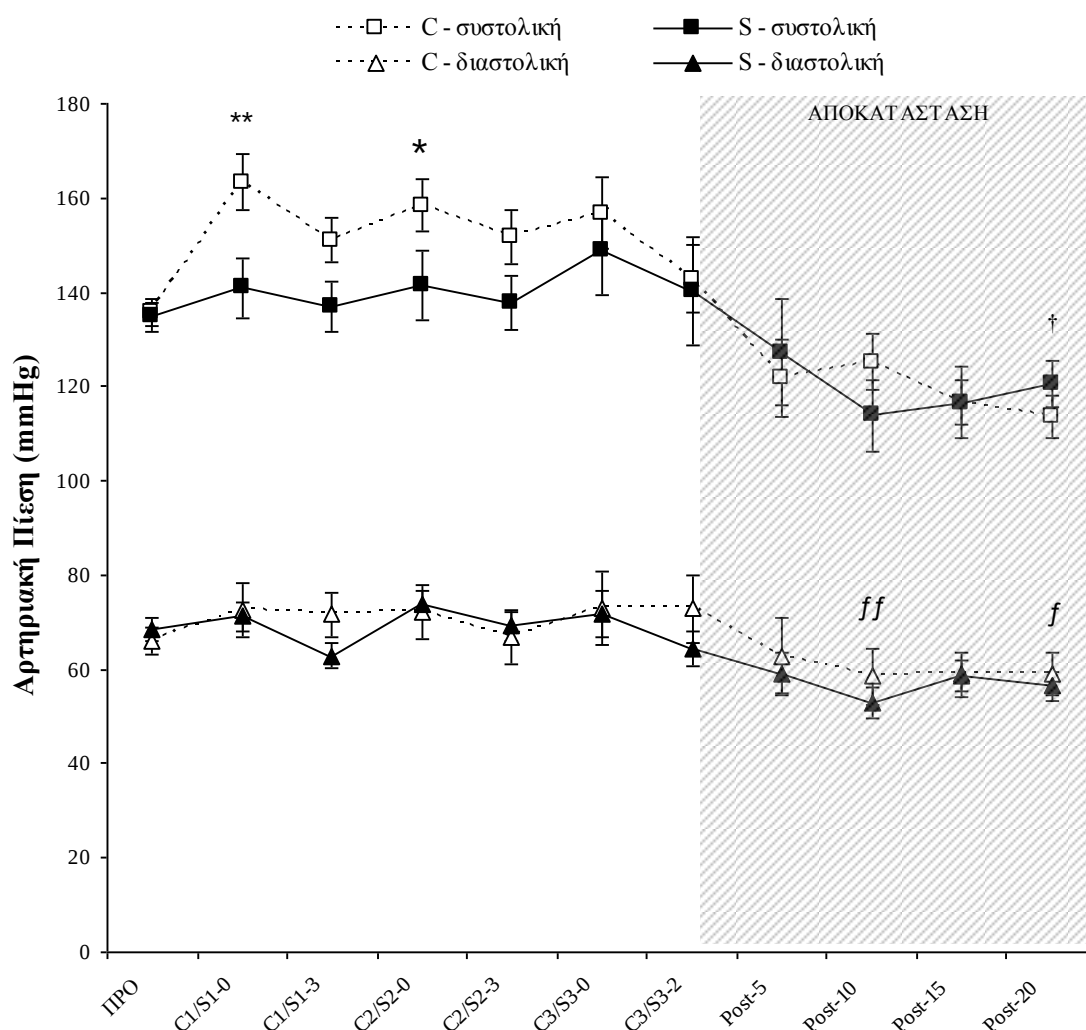
Πίνακας 4.4 Μέγιστη καρδιακή συχνότητα των δοκιμαζομένων και καρδιακή συχνότητα ανά κύκλο εκφρασμένη ως προς τη μέγιστη για την Κυκλική και Κλασική συνθήκη.

	1 ^{ος} κύκλος	2 ^{ος} κύκλος	3 ^{ος} κύκλος	Μέγιστη ΚΣ
	(%)	(%)	(%)	(beats·min ⁻¹)
Κυκλική	71,7	79,1	82,6	195 ± 3
Κλασική	68,7	76,2	78,5	

Αρτηριακή πίεση

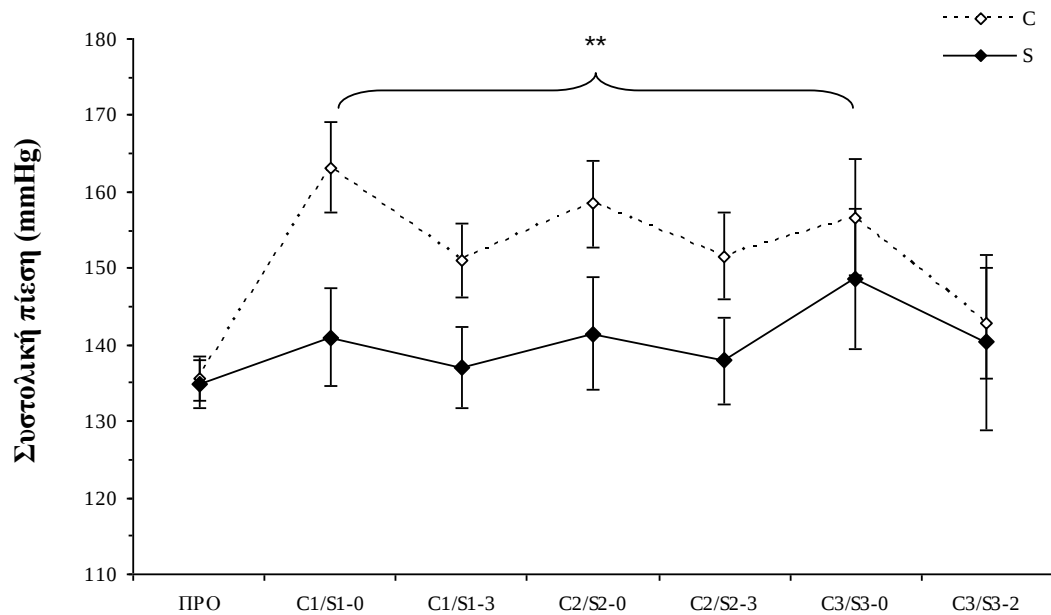
Η αρτηριακή πίεση μετρήθηκε προασκησιακά, κατά τη διάρκεια της άσκησης και κατά τα πρώτα 20 λεπτά της αποκατάστασης. Στο σχήμα 4.5 παρουσιάζεται η συστολική και η διαστολική πίεση στις δυο συνθήκες σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας. Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.5, η αύξηση της συστολικής πίεσης σε σχέση με την τιμή της προασκησιακά, είναι στατιστικά σημαντική μόνο στη συνθήκη της Κυκλικής προπόνησης, ακριβώς μετά την ολοκλήρωση του πρώτου (αύξηση κατά 28 μονάδες: από 136 ± 3 σε 163 ± 6 mmHg) και του δεύτερου κύκλου (αύξηση κατά 23 μονάδες: 158 ± 6 mmHg). Κατά την αποκατάσταση της ίδιας συνθήκης η συστολική πίεση μειώνεται σταδιακά και στο 20^ο λεπτό παρουσιάζεται τάση για στατιστική σημαντικότητα (113 ± 4 mmHg, $p=0,054$). Οι αντίστοιχες τιμές συστολικής πίεσης για την Κλασική συνθήκη παρουσιάζουν το ίδιο πρότυπο (αύξηση των τιμών κατά την άσκηση και μείωση κατά την αποκατάσταση σε σχέση με την τιμή προασκησιακά), χωρίς όμως να είναι στατιστικά σημαντικές.

Οι διακυμάνσεις της διαστολικής πίεσης είναι μικρότερες από αυτές της συστολικής. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.5, η αλλαγή της διαστολικής πίεσης σε σχέση με την τιμή της προασκησιακά είναι στατιστικά σημαντική μόνο κατά την αποκατάσταση της Κλασικής συνθήκης (κατά μέσο όρο 12 μονάδες mmHg), ενώ οι τιμές στην Κυκλική συνθήκη δεν παρουσιάζουν σημαντικότητα.



Σχήμα 4.5 Συστολική και διαστολική πίεση κατά την Κλασική (S, μαύρα σύμβολα) και την Κυκλική συνθήκη (C, λευκά σύμβολα), προασκησιακά (ΠΡΟ), κατά την άσκηση (ακριβώς μετά από κάθε μία από τις 3 σειρές (S-0, C-0) και στο 3^ο λεπτό του διαλείμματος (S-3, C-3) μετά τη πρώτη και τη δεύτερη σειρά) και κατά την αποκατάσταση (2^ο, 5^ο, 10^ο, 15^ο, 20^ο λεπτό μετά την ολοκλήρωση της τρίτης σειράς, C/S3-2, Post-5,10,15,20). * $p < 0,05$ από την τιμή ΠΡΟ στην Κυκλική συνθήκη, ** $p < 0,01$ από την τιμή ΠΡΟ στην Κυκλική συνθήκη, †: $p = 0,054$, f : $p < 0,05$ από την τιμή ΠΡΟ στην Κλασική συνθήκη, ff : $p < 0,01$ από την τιμή ΠΡΟ στην Κλασική συνθήκη.

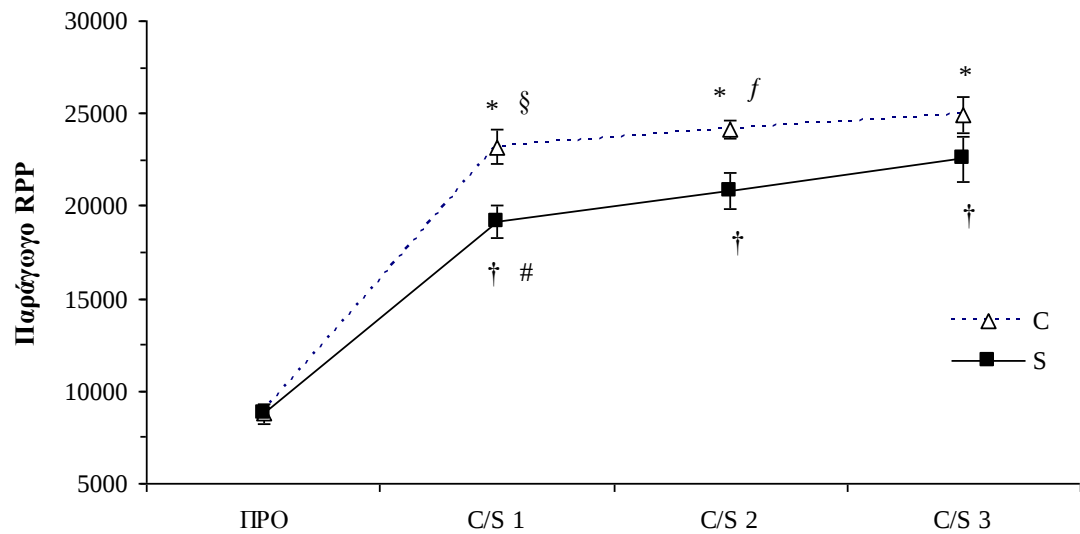
Η συνθήκη της άσκησης προκάλεσε κύρια επίδραση ($p < 0,01$) στη συστολική πίεση, με τις τιμές να είναι στατιστικά σημαντικά υψηλότερες στην Κυκλική απ' ό τι στην Κλασική συνθήκη (σχήμα 4.6). Παρόλα αυτά, το πρότυπο κατά το οποίο εξελίχθηκαν οι τιμές ήταν παρόμοιο και κατά συνέπεια δεν παρουσιάστηκε αλληλεπίδραση (Συνθήκη x Χρονική στιγμή λήψης της τιμής), στα δεδομένα αυτά.



Σχήμα 4.6 Κύρια επίδραση της συνθήκης (Κυκλική έναντι Κλασικής, ** $p < 0,01$) στη συστολική πίεση κατά την Κλασική (μαύρα σύμβολα) και την Κυκλική συνθήκη (λευκά σύμβολα), προασκησιακά (ΠΡΟ), ακριβώς μετά από κάθε μία από τις 3 σειρές (C/S-0), στο 3^ο λεπτό του διαλείμματος μετά τη πρώτη και τη δεύτερη σειρά (C/S-3) και στο 2^ο λεπτό της αποκατάστασης μετά τη τρίτη σειρά (C3/S3-2). Οι τιμές δεν παρουσιάζουν αλληλεπίδραση (Συνθήκη x Χρόνος).

Παράγωγο αρτηριακής πίεσης x καρδιακή συχνότητα.

Το παράγωγο αρτηριακής πίεσης x καρδιακή συχνότητα (RPP), αποτελεί δείκτη της οξυγόνωσης του μυοκαρδίου και κατ'επέκταση υποδηλώνει το παραγόμενο έργο της καρδιάς. Στο σχήμα 4.7 παρουσιάζεται το RPP στην ηρεμία και κατά τους τρεις κύκλους κάθε συνθήκης.

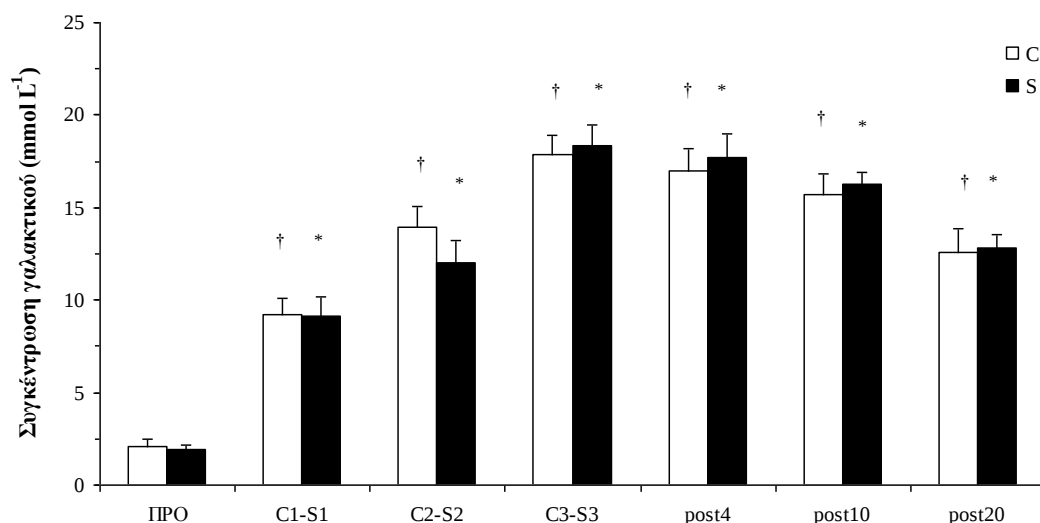


Σχήμα 4.7 Το παράγωγο RPP κατά την ηρεμία και σε κάθε κύκλο. Οι τιμές παρουσιάζουν αλληλεπίδραση Συνθήκης x Χρόνου. §: $p < 0,01$ από την τιμή του πρώτου κύκλου στην Κλασική συνθήκη, f : $p < 0,05$ από την τιμή του δεύτερου κύκλου στην Κλασική συνθήκη, #: $p < 0,05$ από την τιμή του τρίτου κύκλου στην Κλασική συνθήκη, *: $p < 0,01$ από την τιμή ΠΡΟ στην Κυκλική συνθήκη, †: $p < 0,01$ από την τιμή ΠΡΟ στην Κλασική συνθήκη.

4.3 Αιματολογικές αποκρίσεις

Γαλακτικό

Η συγκέντρωση του γαλακτικού ήταν σημαντικά υψηλότερη, τόσο κατά την άσκηση όσο και κατά την αποκατάσταση, σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας (κύρια επίδραση του χρόνου, * $p < 0,01$) (Σχήμα 4.8). Ωστόσο, δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των δύο συνθηκών.



Σχήμα 4.8 Κύρια επίδραση του χρόνου (†, *: $p < 0,01$) στη συγκέντρωση του γαλακτικού κατά την Κυκλική (C, λευκές στήλες) και την Κλασική συνθήκη (S, μαύρες στήλες), προασκησιακά (IPO), κατά την άσκηση (ακριβώς μετά από κάθε κύκλο εννέα ασκήσεων, C/S1,2,3) και στο 4°, 10° και 20° λεπτό της αποκατάστασης (post4, 10, 20) μετά την ολοκλήρωση και του τρίτου κύκλου. Οι τιμές δεν παρουσιάζουν αλληλεπίδραση (Συνθήκη x Χρόνος).

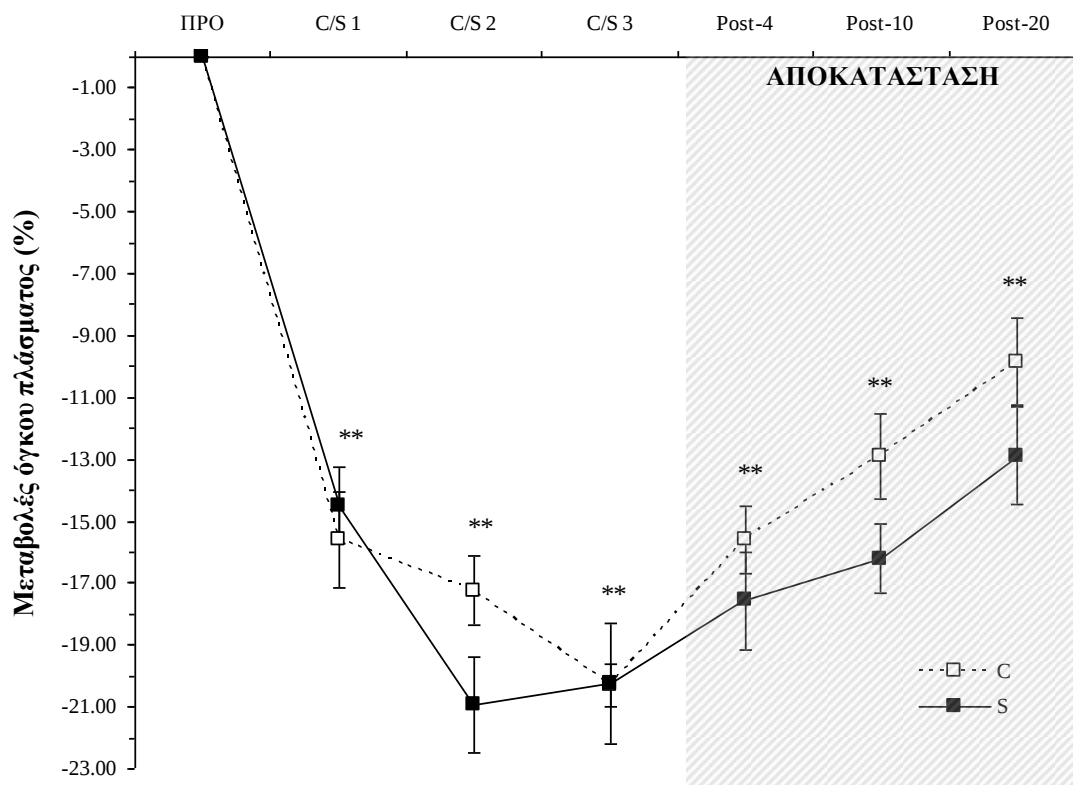
Αιμοσφαιρίνη – Αιματοκρίτης

Η άσκηση προκάλεσε αιματολογικές αλλαγές που παρατηρήθηκαν στη συγκέντρωση της αιμοσφαιρίνης και στον αιματοκρίτη. Η συγκέντρωση της αιμοσφαιρίνης ήταν αυξημένη σε σχέση με τις προασκησιακές τιμές ($p < 0,01$) στο τέλος του πρώτου, δεύτερου και τρίτου κύκλου ασκήσεων (κύκλος της Κυκλικής συνθήκης και ανά 9 ασκήσεις της Κλασικής συνθήκης) και στις δυο συνθήκες, καθώς και μέχρι το 10° λεπτό της αποκατάστασης (κύρια επίδραση του Χρόνου μέτρησης). Επίσης υπήρξε κύρια επίδραση της Συνθήκης ($p < 0,05$), καθώς οι τιμές της αιμοσφαιρίνης ήταν υψηλότερες στην Κλασική απ' ότι στην Κυκλική συνθήκη. Δεν παρουσιάστηκε αλληλεπίδραση του Χρόνου με τη Συνθήκη. Στην περίπτωση του αιματοκρίτη, οι τιμές αυξήθηκαν σημαντικά και στις δυο συνθήκες σε σχέση με την τιμή προασκησιακά, αλλά υπήρξε επίσης και αλληλεπίδραση του Χρόνου και της Συνθήκης, καθώς στην περίπτωση της Κλασικής συνθήκης η αύξηση κατά την

άσκηση και κατά την αποκατάσταση ήταν συστηματικά πιο έντονη απ' ότι στην Κυκλική.

Μεταβολές όγκου πλάσματος

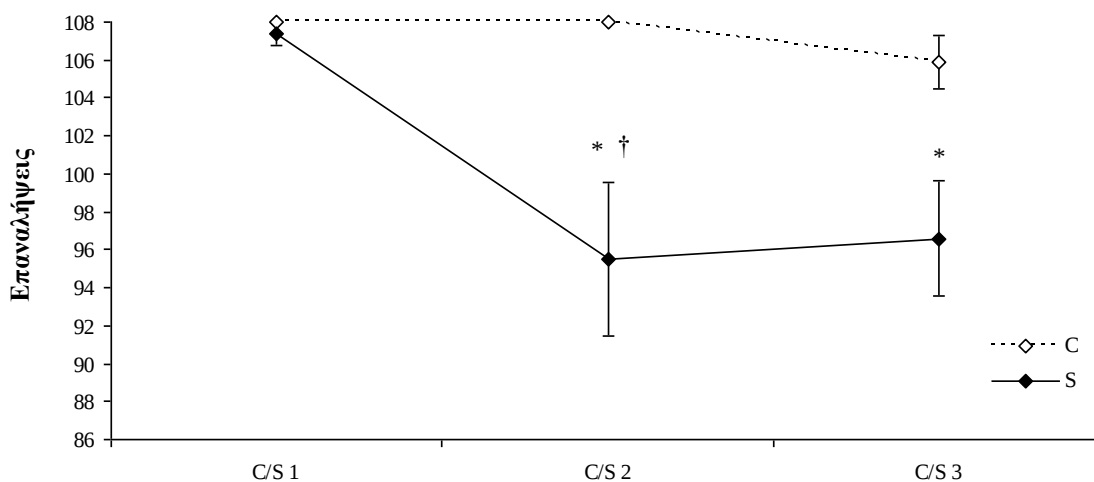
Η άσκηση προκάλεσε μείωση στον όγκο πλάσματος όπως αυτός υπολογίστηκε από τις αλλαγές της συγκέντρωσης της αιμοσφαιρίνης και του ποσοστού του αιματοκρίτη. Οι αλλαγές στον όγκο πλάσματος απεικονίζονται στο σχήμα 4.9. Όπως φαίνεται, τόσο στην Κυκλική όσο και στην Κλασική συνθήκη η άσκηση προκάλεσε έντονη αιμοσυμπύκνωση ($>20\%$) που ήταν φανερή αμέσως μετά την ολοκλήρωση του πρώτου κύκλου ασκήσεων (9 πρώτες ασκήσεις) και η οποία διατηρήθηκε μέχρι και την ολοκλήρωση του τρίτου κύκλου. Κατά την αποκατάσταση, η αιμοσυμπύκνωση αυτή μειώθηκε σταδιακά ($\sim 16\%$ στο 4 λεπτό της αποκατάστασης και $\sim 11,5\%$ στο 20^ο λεπτό), παραμένοντας όμως στατιστικά σημαντική, μέχρι και το 20^ο λεπτό της αποκατάστασης.



Σχήμα 4.9 Μεταβολές όγκου πλάσματος (PVC) προακνησιακά (ΠΡΟ), κατά την άσκηση (ακριβώς μετά από κάθε κύκλο εννέα ασκήσεων, S/C1,2,3) και κατά την αποκατάσταση (4°, 10° και 20° λεπτό μετά την ολοκλήρωση και του τρίτου κύκλου, Post-4,10,20) για την Κλασική (S, μαύρα σύμβολα) και την Κυκλική συνθήκη (C, λευκά σύμβολα). **: $p < 0,01$ κύρια επίδραση του χρόνου. Οι τιμές δεν παρουσιάζουν αλληλεπίδραση.

4.4 Συνολικός όγκος άσκησης

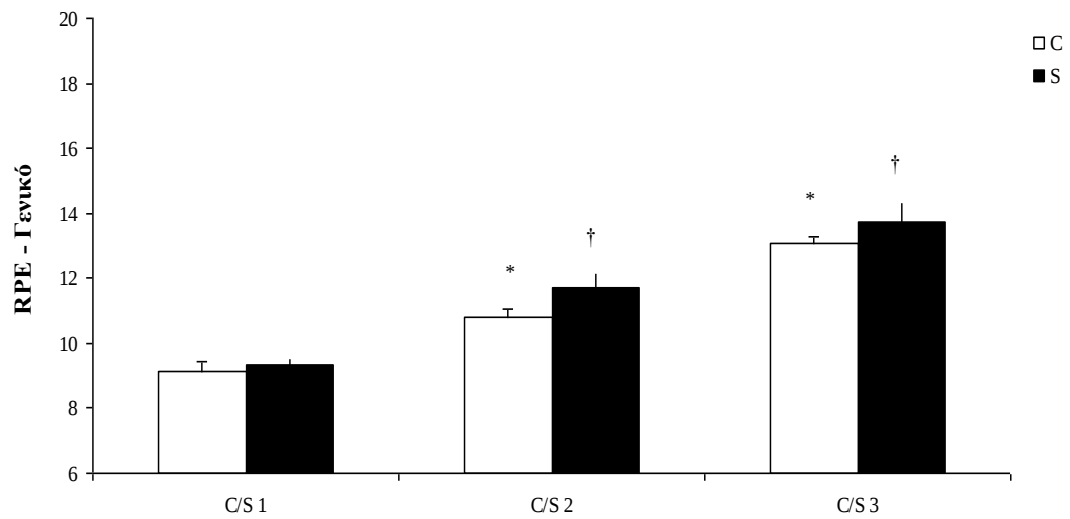
Καθώς η αντίσταση παρέμενε σταθερή και στις δύο συνθήκες, ο συνολικός όγκος άσκησης που πραγματοποιήθηκε από τους δοκιμαζόμενους επηρεάστηκε από τον αριθμό των επαναλήψεων που εκτέλεσαν (σχήμα 4.10). Στην Κυκλική συνθήκη οι δοκιμαζόμενοι κατόρθωσαν να διατηρήσουν τον αριθμό των επαναλήψεων σε όλους τους κύκλους. Αντίθετως, στην Κλασική συνθήκη εκτέλεσαν σημαντικά μικρότερο αριθμό επαναλήψεων στον δεύτερο κύκλο ($p < 0,01$), ενώ και στον τρίτο κύκλο οι επαναλήψεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν κατά 10% λιγότερες ($p = 0,063$) σε σχέση με τον πρώτο.



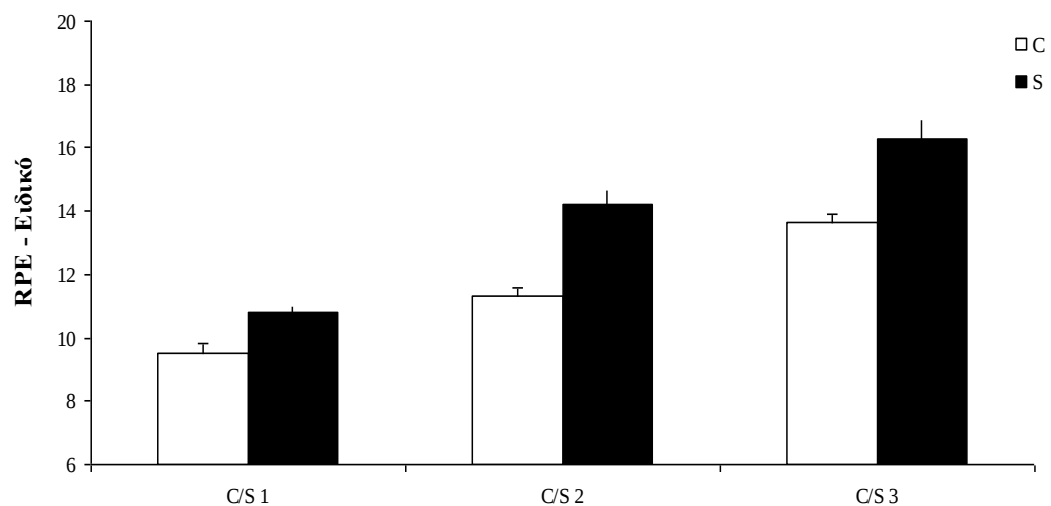
Σχήμα 4.10 Παρουσιάστηκε αλληλεπίδραση Συνθήκης x Αριθμό ολοκληρωμένων επαναλήψεων ανά κύκλο ($p < 0,05$). *: $p < 0,05$ από την τιμή του πρώτου κύκλου στην Κλασική συνθήκη (S 1, μαύρα σύμβολα) †: $p < 0,01$ από την τιμή του δεύτερου κύκλου στην Κυκλική συνθήκη (C 2, λευκά σύμβολα).

4.5 Υποκειμενική αντίληψη κόπωσης

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι και οι δυο συνθήκες προκάλεσαν σημαντική κόπωση στους δοκιμαζόμενους, σύμφωνα με την κλίμακα Borg, τόσο σε γενικό επίπεδο όσο και εξειδικευμένα στη μυϊκή ομάδα που εκτελούσε την άσκηση κάθε φορά (ειδικό). Με την εξέλιξη των κύκλων η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης ήταν εντονότερη και στις δυο συνθήκες (κύρια επίδραση του Χρόνου, $p < 0,01$). Η γενική αντίληψη της κόπωσης (Σχήμα 4.12) δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των συνθηκών σε αντίθεση με την ειδική κόπωση η οποία ήταν εντονότερη στην Κλασική σε σχέση με την Κυκλική συνθήκη (αλληλεπίδραση Χρόνου x Συνθήκης) (Σχήμα 4.12).



Σχήμα 4.11 Υποκειμενική αντίληψη της γενικής κόπωσης (Γενικό) κατά τους τρεις κύκλους στην Κυκλική (C, λευκές μπάρες) και την Κλασική (S, μαύρες μπάρες) συνθήκη. Κύρια επίδραση του Χρόνου (*, †: $p < 0,01$). Οι τιμές δεν παρουσιάζουν αλληλεπίδραση (Συνθήκη x Χρόνος).



Σχήμα 4.12 Υποκειμενική αντίληψη της ειδικής κόπωσης (Ειδικό) στη μυική ομάδα που εκτελούσε την εκάστοτε άσκηση σύμφωνα με την κλίμακα Borg. Οι τιμές παρουσιάζονται ως μέσοι όροι ανά κύκλο για την Κυκλική (C, λευκές μπάρες) και την Κλασική (S, μαύρες μπάρες) συνθήκη. *: $p < 0,01$ Κύρια επίδραση του Χρόνου στην Κυκλική συνθήκη, †: $p < 0,01$ Κύρια επίδραση του Χρόνου στην Κλασική συνθήκη (S 1). #: $p < 0,05$ διαφορά από την τιμή του πρώτου κύκλου της Κυκλικής συνθήκης (C 1), #: $p < 0,01$ διαφορά από τις αντίστοιχες τιμές της Κυκλικής συνθήκης (αλληλεπίδραση του Χρόνου και της Συνθήκης).

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα έρευνα εξέτασε την επίδραση της σειράς των ασκήσεων κατά την άσκηση με αντιστάσεις σε φυσιολογικές παραμέτρους.

Κύρια ευρήματα της έρευνας είναι:

1. Οι εντονότερες καρδιαγγειακές αποκρίσεις κατά την Κυκλική συνθήκη
2. Η υψηλότερη πρόσληψη οξυγόνου κατά την Κυκλική συνθήκη
3. Η ικανότητα εκτέλεσης μεγαλύτερου συνολικού όγκου άσκησης με χαμηλότερη υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης κατά την Κυκλική συνθήκη

5.1 Καρδιαγγειακές αποκρίσεις

Αρτηριακή πίεση

Βασικό εύρημα της παρούσας έρευνας είναι η εντονότερη απόκριση της συστολικής πίεσης κατά την άσκηση με αντιστάσεις σε Κυκλική μορφή. Η αυξημένη συστολική πίεση παρατηρήθηκε μετά το τέλος του πρώτου και δεύτερου κύκλου της συνθήκης αυτής, ενώ στο τέλος του τρίτου κύκλου δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με τις προασκησιακές τιμές. Αντιθέτως, κατά την Κλασική συνθήκη η αρτηριακή πίεση δεν αυξήθηκε σημαντικά. Η ολοκλήρωση του πρώτου κύκλου της Κυκλικής συνθήκης (9 ασκήσεις) αντιστοιχούσε στην ολοκλήρωση όλων των σειρών σε τρεις ασκήσεις της Κλασικής (πάγκος, καθιστή κωπηλατική και πιέσεις ώμων). Αυτό σημαίνει ότι με την ολοκλήρωση του κύκλου στην Κυκλική συνθήκη είχαν εμπλακεί οι μυϊκές ομάδες ολόκληρου του σώματος σε αντίθεση με το αντίστοιχο χρονικό σημείο κατά την Κλασική συνθήκη όπου είχαν εμπλακεί μύες μόνο του κορμού και των άνω άκρων. Κατά συνέπεια, στην Κυκλική

συνθήκη, και έπειτα από την εκτέλεση άσκησης ίσου όγκου και ίσης διάρκειας με τη Κλασική, το καρδιαγγειακό σύστημα έπρεπε να ανταποκριθεί στις μεταβολικές απαιτήσεις μεγαλύτερης ενεργής μυϊκής μάζας συγκριτικά με την Κλασική συνθήκη.

Οι μεταβολικές απαιτήσεις των ενεργών ιστών αποτελούν το βασικό παράγοντα ρύθμισης της τοπικής αιματικής ροής (Delp & Laughlin, 1998). Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, ο μεταβολισμός των ενεργών ιστών και οι λείοι μύες των αρτηριδίων αποτελούν ένα τοπικό μηχανισμό ελέγχου ο οποίος ρυθμίζει την παροχή οξυγόνου και θρεπτικών στοιχείων ανάλογα με τις απαιτήσεις των ιστών (Delp & Laughlin, 1998). Καθώς αυξάνεται ο μεταβολισμός των μυϊκών ιστών, απελευθερώνονται στο μεσοκυττάριο χώρο ουσίες που οδηγούν σε χαλάρωση των λείων μυών των αρτηριδίων της περιοχής, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η αιματική ροή (Delp & Laughlin, 1998). Ταυτόχρονα, για να αυξηθεί η αιματική ροή των εργαζόμενων μυών γίνεται ανακατανομή της καρδιακής παροχής, οδηγώντας μεγαλύτερο όγκο αίματος προς αυτούς (Harms, 2000). Η ανακατανομή αυτή γίνεται μέσω της έντονης αγγειοσυστολής των αρτηριδίων των σπλάχνων (κυρίως) και της αγγειοδιαστολής των αρτηριδίων των ενεργών μυών. Ωστόσο, η αγγειοδιαστολή προκαλεί μείωση της συνολικής περιφερικής αντίστασης, μείωση της φλεβικής επιστροφής και του όγκου παλμού (Delp & Laughlin, 1998). Στην Κυκλική συνθήκη υπήρχε συνεχής εναλλαγή των ενεργών μυϊκών ομάδων μεταξύ άνω και κάτω μέρους του σώματος, με συνέπεια να προκαλείται αγγειοδιαστολή σε εκτενέστερο αγγειακό δίκτυο συγκριτικά με την Κλασική. Αυτό σημαίνει ότι η συνολική περιφερική αντίσταση ήταν χαμηλότερη κατά την Κυκλική συνθήκη. Θα ήταν αναμενόμενο να παρουσιαστεί μείωση της φλεβικής επιστροφής και συνεπώς πτώση της αρτηριακής πίεσης κατά τη συνθήκη αυτή. Ωστόσο κάτι τέτοιο δεν συνέβη· αντίθετα η

αρτηριακή πίεση ήταν αυξημένη κατά την Κυκλική συνθήκη. Η πιθανότερη εξήγηση είναι ότι η αύξηση των καρδιαγγειακών απαιτήσεων (δηλ. της καρδιακής παροχής) ήταν αναλογικά μεγαλύτερη από τη μείωση των περιφερικών αντιστάσεων. Το οξυγόνο ανά παλμό (δείκτης των μεταβολικών απαιτήσεων των ενεργών ιστών) ήταν υψηλότερο κατά την Κυκλική συνθήκη, γεγονός που πιθανόν σημαίνει ότι και ο όγκος παλμού ήταν μεγαλύτερος στην συνθήκη αυτή. Τα παραπάνω στοιχεία σε συνδυασμό με την υψηλότερη καρδιακή συχνότητα κατά την Κυκλική συνθήκη, επιβεβαιώνουν την υπόθεση ότι η καρδιακή παροχή ήταν αναλογικά μεγαλύτερη από τη μείωση των περιφερικών αντιστάσεων, και συνεπώς η φλεβική επαναφορά δεν επηρεάστηκε.

Η επίδραση του μεγέθους της ενεργής μυϊκής μάζας στην απόκριση της πίεσης κατά την άσκηση εξετάστηκε από τους Lewis et al. (1985), οι οποίοι παρατήρησαν υψηλότερη αρτηριακή πίεση κατά την δυναμική άσκηση μεγάλης μυϊκής μάζας συγκριτικά με άσκηση μικρότερης μυϊκής μάζας. Οι ερευνητές αποδίδουν την σχέση μεταξύ μεγαλύτερης ενεργής μυϊκής μάζας και υψηλότερης αρτηριακής πίεσης στις αυξημένες μεταβολικές απαιτήσεις καθώς και σε πιθανή υψηλότερη επανατοποθέτηση του αντανακλαστικού πίεσης.

Ένας άλλος παράγοντας που είναι πιθανό να συνέβαλε στην αυξημένη αρτηριακή πίεση κατά τους δύο πρώτους κύκλους στην Κυκλική συνθήκη είναι το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια του κάθε κύκλου οι δοκιμαζόμενοι έπρεπε να μετακινηθούν από το ένα όργανο στο επόμενο. Κατά τη μετακίνηση αυτή οι συσπάσεις των μυών των κάτω άκρων διευκόλυναν τη φλεβική επιστροφή (μυϊκή αντλία) και συνεισέφεραν στη διατήρηση του όγκου παλμού. Με τον τρόπο αυτό η αρτηριακή πίεση διατηρούνταν σε υψηλότερα επίπεδα σε σύγκριση με την Κλασική συνθήκη στην

οποία οι δοκιμαζόμενοι παρέμεναν στο ίδιο όργανο μέχρι να ολοκληρώσουν και τις τρεις σειρές και στη συνέχεια μετακινούνταν στο επόμενο όργανο.

Αντίθετα από τα ευρήματα της παρούσας μελέτης οι Pichon et al. (1996), στη μοναδική έρευνα που μελετά τις διαφορές στην αρτηριακή πίεση μεταξύ Κυκλικής και Κλασικής προπόνησης με αντιστάσεις, δεν βρήκαν διαφορετικές αποκρίσεις της αρτηριακής πίεσης μεταξύ των δύο μορφών άσκησης με αντιστάσεις. Η έλλειψη διαφορών αποδόθηκε από τους ερευνητές στο γεγονός ότι στην Κλασική προπόνηση οι δοκιμαζόμενοι χρησιμοποιούσαν υψηλότερη αντίσταση σε σχέση με την Κυκλική (69% έναντι 47% 1-MAE), ενώ η διάρκεια άσκησης ήταν υψηλότερη στην κυκλική άσκηση (60 s έναντι 30 s). Οι επιδράσεις των παραπάνω παραγόντων στην αρτηριακή πίεση ήταν αντικρουόμενες με τελικό αποτέλεσμα τη μη σημαντική διαφοροποίηση της αρτηριακής πίεσης μεταξύ των δύο συνθηκών.

Συγκρίνοντας τη συστολική πίεση των δύο συνθηκών κατά τον τρίτο κύκλο, παρατηρείται μείωση της διαφοράς. Η μείωση αυτή πιθανόν οφείλεται στο γεγονός ότι σε εκείνο το χρονικό σημείο, στην Κλασική συνθήκη, οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν ασκήσεις των κάτω άκρων με αποτέλεσμα να εμπλέκεται μεγαλύτερη μυϊκή μάζα, να αυξάνονται οι μεταβολικές απαιτήσεις και κατά συνέπεια να αυξάνεται η αρτηριακή πίεση περισσότερο πλησιάζοντας τις αντίστοιχες τιμές της Κυκλικής συνθήκης. Ταυτόχρονα, η παράμετρος του οξυγόνου ανά παλμό στην Κλασική συνθήκη αυξάνεται και φτάνει στα επίπεδα της Κυκλικής συνθήκης, γεγονός που αντικατοπτρίζει τις αυξημένες μεταβολικές ανάγκες των ενεργών μυών. Κατά την αποκατάσταση, η συστολική πίεση μειώθηκε σε τιμές χαμηλότερες από αυτές της ηρεμίας και στις δύο συνθήκες, χωρίς όμως η μείωση αυτή να εμφανίζει σημαντικότητα. Ωστόσο, η τιμή της συστολικής πίεσης στο 20^ο λεπτό της

αποκατάστασης, στην Κυκλική συνθήκη, εμφανίζει τάση στατιστικής σημαντικότητας ($p=0,054$). Παρά το γεγονός ότι μεγάλος αριθμός ερευνών έχει δείξει τη μείωση της αρτηριακής πίεσης μετά από αερόβια άσκηση σε υγιείς ανθρώπους, δεν υπάρχουν πολλές έρευνες που να εξετάζουν την απόκριση της αρτηριακής πίεσης μετά από άσκηση με αντιστάσεις ενώ η μοναδική μέχρι σήμερα που εξετάζει την επίδραση της μορφής της άσκησης με αντιστάσεις (Κυκλική έναντι Κλασικής) είναι αυτή των Simao et al. (2005). Στην παραπάνω έρευνα οι δοκιμαζόμενοι χωρίστηκαν σε δύο ομάδες ανάλογα με τη μορφή της άσκησης που εκτελούσαν (Κυκλική ή Κλασική). Οι δύο ομάδες εκτέλεσαν συνολικά 5 και 6 ασκήσεις (Κυκλική και Κλασική αντίστοιχα), 3 σειρές σε κάθε άσκηση και 12 επαναλήψεις σε κάθε σειρά. Η αποκατάσταση μεταξύ των σειρών και των ασκήσεων ήταν 2 λεπτά και στις δύο συνθήκες. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παραπάνω έρευνας η μετασκησιακή υπόταση που παρατηρήθηκε μέχρι και 50 λεπτά μετά το τέλος της άσκησης, δεν επηρεάστηκε από τη μορφή της άσκησης (Κυκλική έναντι Κλασικής). Ενδεχομένως η καταγραφή της αρτηριακής πίεσης για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 20 λεπτών να φανέρωνε μεγαλύτερη πτώση της συστολικής πίεσης (Wilkins et al., 2004).

Οι τιμές της καρδιακής συχνότητας που παρατηρήθηκαν στην παρούσα έρευνα έρχονται σε συμφωνία με τα ευρήματα άλλων ερευνών (Garbutt et al., 1994, Gotshalk et al., 2004). Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία είναι και η σημαντικά υψηλότερη καρδιακή συχνότητα της Κυκλικής σε σχέση με την Κλασική συνθήκη (Pichon et al., 1996). Οι Pichon et al. απέδωσαν τη διαφορά αυτή στη μικρότερη αποκατάσταση (30 s έναντι 90 s) που είχαν οι δοκιμαζόμενοι και στον μεγαλύτερο αριθμό επαναλήψεων κατά τη Συνθήκη αυτή (20 s έναντι 10 s). Ωστόσο, στην

παρούσα μελέτη οι δύο συνθήκες είχαν την ίδια αποκατάσταση (30 s μεταξύ των ασκήσεων και 3 λεπτά μεταξύ των κύκλων) και οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν τον ίδιο αριθμό επαναλήψεων.

Η ενεργοποίηση μεγαλύτερης μυϊκής μάζας, και οι υψηλότερες μεταβολικές απαιτήσεις τόσο των σκελετικών μυών όσο και του μυοκαρδίου, όπως υπολογίστηκαν μέσω του οξυγόνου ανά παλμό και του παράγωγου rate-pressure product, σε συνδυασμό με την υψηλότερη συστολική πίεση κατά την Κυκλική συνθήκη καθιστούν αναμενόμενη τη διαφορά στην καρδιακή συχνότητα μεταξύ των συνθηκών.

5.2 Αναπνευστικές αποκρίσεις

Παρά το γεγονός ότι η άσκηση με αντιστάσεις θεωρείται κυρίως αναερόβια άσκηση εξαιτίας των έντονων και μικρής διάρκειας συστολών, η Κυκλική μορφή έχει φανεί ότι αποτελεί την πιο «αερόβια» μορφή της λόγω των χαρακτηριστικών της (χαμηλή έως μέτρια αντίσταση, αποκατάσταση <1 λεπτού, μεγάλος συνολικός όγκος άσκησης) και μπορεί να αποτελέσει ικανό ερέθισμα για τη βελτίωση του καρδιαγγειακού συστήματος και της αερόβιας ικανότητας (Gettman et al., 1982, Kaikkonen et al., 2000, Gotshalk et al., 2004).

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης επιβεβαιώνουν την παραπάνω άποψη και είναι χαρακτηριστικό ότι στην Κυκλική συνθήκη η πρόσληψη οξυγόνου φτάνει στο 40,5% της μέγιστης τιμής της από τον πρώτο κιόλας κύκλο, ενώ στο αντίστοιχο χρονικό σημείο της Κλασικής συνθήκης βρίσκεται μόλις στο 30,5%. Οι Gotshalk et al. (2004) εφάρμοσαν πρωτόκολλο άσκησης με αντιστάσεις Κυκλικής μορφής το οποίο αποτελούνταν από 10 ασκήσεις, στις οποίες οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν 10 επαναλήψεις με αντίσταση 40% 1-MAE, χωρίς αποκατάσταση μεταξύ των

ασκήσεων και των κύκλων. Συνολικά, οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν 4,6 κύκλους και η πρόσληψη του οξυγόνου κατά τη διάρκεια της άσκησης διατηρήθηκε πάνω από το 50% VO₂max.

Σε κάθε κύκλο (9 ασκήσεις), κατά την Κυκλική συνθήκη, οι δοκιμαζόμενοι επιστράτευαν τους μύς ολόκληρου του σώματος, σε αντίθεση με το αντίστοιχο διάστημα στην Κλασική συνθήκη, όπου οι 3 ασκήσεις που εκτελούνταν επιστράτευαν είτε μόνο τους μύες του κορμού και των άνω άκρων είτε μόνο τους μύες των ποδιών, δηλαδή εξ'ορισμού μικρότερη μυϊκή μάζα. Κατά συνέπεια, οι απαιτήσεις σε οξυγόνο ήταν μεγαλύτερες στην πρώτη περίπτωση γεγονός που επιβεβαιώνεται και από το υψηλότερο οξυγόνο ανά παλμό που παρατηρήθηκε σε αυτήν.

Σημαντικός παράγοντας, που εξηγεί σε ένα βαθμό τις διαφορές στην πρόσληψη οξυγόνου μεταξύ των δύο συνθηκών, αποτελεί ο μικρότερος όγκος άσκησης που πραγματοποιήθηκε κατά την Κλασική συνθήκη. Παρά το γεγονός ότι οι δύο συνθήκες διέφεραν μεταξύ τους μόνο στη σειρά με την οποία εκτελούσαν οι δοκιμαζόμενοι τις ασκήσεις, η Κυκλική συνθήκη επέτρεψε στους δοκιμαζόμενους να ολοκληρώσουν μεγαλύτερο μέρος από τον αρχικά σχεδιασθέντα όγκο άσκησης. Η εκτέλεση μεγαλύτερου έργου αναπόφευκτα οδήγησε σε αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις και υψηλότερη πρόσληψη οξυγόνου κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Ένας ακόμη παράγοντας που πιθανόν συνέβαλε στην υψηλότερη πρόσληψη οξυγόνου κατά την Κυκλική συνθήκη είναι το γεγονός ότι στη συνθήκη αυτή οι δοκιμαζόμενοι μετά την ολοκλήρωση μίας σειράς σε κάθε άσκηση περπατούσαν μέχρι την επόμενη. Αντιθέτως, κατά την Κλασική συνθήκη οι δοκιμαζόμενοι παρέμεναν στον κάθε σταθμό μέχρι να ολοκληρώσουν και τις τρεις σειρές και στη

συνέχεια μετακινούνταν. Παρά το γεγονός ότι η απόσταση που έπρεπε να διανύσουν οι δοκιμαζόμενοι από τον ένα σταθμό στον επόμενο δεν απείχε περισσότερο από 6-7 μέτρα, το πρόσθετο αυτό έργο των συνεχών μετακινήσεων είναι πιθανό να συνέβαλε στην μεγαλύτερη πρόσληψη οξυγόνου κατά την Κυκλική συνθήκη.

Στην Κυκλική συνθήκη οι δοκιμαζόμενοι παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερο παράγωγο αρτηριακής πίεσης x καρδιακής συχνότητας, το οποίο αποτελεί έμμεσο δείκτη της οξυγόνωσης του μυοκαρδίου (Kitamura et al., 1979), στην Κυκλική συνθήκη, γεγονός που αποτελεί μία ακόμη πιθανή εξήγηση της διαφοράς των δύο συνθηκών στην πρόσληψη οξυγόνου. Αντίστοιχα ευρήματα παρουσιάζουν και οι Pichon et al. (1996), οι οποίοι βρήκαν 16.8% υψηλότερο παράγωγο rate-pressure product στη Κυκλική συνθήκη έναντι της Κλασικής. Οι ερευνητές απέδωσαν τη διαφορά στην υψηλότερη αρτηριακή πίεση και καρδιακή συχνότητα κατά τη Κυκλική συνθήκη.

Τέλος, ένα μέρος της διαφοράς της πρόσληψης οξυγόνου μεταξύ των δύο συνθηκών εξηγείται από τη εντονότερη δραστηριοποίηση των αναπνευστικών μυών. Ο υψηλότερος πνευμονικός αερισμός που βρέθηκε στους πρώτους δύο κύκλους της Κυκλικής συνθήκης σε σύγκριση με την Κλασική, αντικατοπτρίζει το μεγαλύτερο έργο των αναπνευστικών μυών στη συνθήκη αυτή. Υψηλότερο έργο συνεπάγεται υψηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις και κατ'επέκταση μεγαλύτερη πρόσληψη οξυγόνου.

5.3 Αιματολογικές αποκρίσεις

Γαλακτικό

Η συγκέντρωση του γαλακτικού διαμορφώθηκε σε υψηλά επίπεδα καθόλη τη διάρκεια των δύο συνθηκών. Η μέγιστη τιμή της συγκέντρωσης γαλακτικού

παρατηρήθηκε στο τέλος του τρίτου κύκλου και για τις δύο συνθήκες (17,90 mmol L⁻¹ έναντι 18,31 mmol L⁻¹ για Κυκλική και Κλασική αντίστοιχα) χωρίς ωστόσο να διαφέρουν μεταξύ τους. Οι τιμές αυτές είναι από τις υψηλότερες που έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία. Σε έρευνα των Garbutt et al. (1994) χρησιμοποιώντας παρόμοιο πρωτόκολλο (3 κύκλοι, 9 ασκήσεις, 40% 1-MAE, 10-15 επαναλήψεις, 30 s αποκατάσταση), η μέγιστη τιμή της συγκέντρωσης γαλακτικού μετρήθηκε στον τρίτο κύκλο και έφτασε τα 8,8 mmol L⁻¹, ενώ η μέση τιμή της για ολόκληρη την διάρκεια της άσκησης διαμορφώθηκε σε μόλις 6,6 mmol L⁻¹. Πιθανότατα οι διαφορές στην αντίσταση σε σχέση με την παρούσα έρευνα (70% 12-MAE) οδήγησαν σε αυτή τη μεγάλη διαφορά στη συγκέντρωση. Σε άλλη έρευνα (Tesch et al., 1986) στην οποία λήφθηκαν δείγματα μυός πριν και μετά την άσκηση με αντιστάσεις των κάτω άκρων (4 ασκήσεις, 5 σειρές, 6-12 επαναλήψεις μέχρι εξάντληση, 60 s αποκατάσταση), αμέσως μετά το τέλος της άσκησης η συγκέντρωση γαλακτικού ήταν στα 17,3 mmol L⁻¹w.w. Οι Haddock & Wilkin (2006) μετά από άσκηση με αντιστάσεις σε Κυκλική μορφή όπου οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν 3 κύκλους των 9 ασκήσεων, με αποκατάσταση 90 s μεταξύ των ασκήσεων, αναφέρουν συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα αμέσως μετά το τέλος της άσκησης στα 10,2 mmol L⁻¹. Η σημαντικά μεγαλύτερη αποκατάσταση στην παραπάνω έρευνα πιθανότατα βοήθησε στη χαμηλότερη συγκέντρωση γαλακτικού συγκριτικά με την παρούσα έρευνα.

Κατά την άσκηση με αντιστάσεις κύριες πηγές ενέργειας είναι το αποθηκευμένο στους μύες ATP και η φωσφοκρεατίνη (Tesch et al., 1984). Αν και δεν μετρήθηκε, η διάρκεια εκτέλεσης των 12 επαναλήψεων σε κάθε σειρά ήταν περίπου 20-30 s, με τον χρόνο να αυξάνεται με την έναρξη της κόπωσης, ενώ η αντίσταση ήταν στο

70%-12-MAE (περίπου 47% 1-MAE, Beachle 2008). Θεωρητικά σε αυτή την αντίσταση οι δοκιμαζόμενοι θα μπορούσαν να εκτελέσουν >19-35 επαναλήψεις μέχρι εξάντλησης (ανάλογα τη μυϊκή ομάδα) (Shimano et al., 2006). Συνεπώς για την εκτέλεση άσκηση χαμηλής έως μέτριας έντασης και μικρής διάρκειας αρχικά επαρκεί το αποθηκευμένο ATP και η φωσφοκρεατίνη. Ωστόσο, η μικρή αποκατάσταση (30 s) πιθανότατα δεν επέτρεπε την πλήρη επανασύνθεση των χρησιμοποιημένων πηγών ενέργειας, οδηγώντας τις ενεργές μυϊκές ίνες σε πρόωρη κόπωση και επιστρατεύοντας πρόσθετες κινητικές μονάδες για την ολοκλήρωση της άσκησης. Με την πάροδο των σειρών και εξαιτίας της συνεχώς αυξανόμενης κόπωσης, η σχετική ένταση αυξήθηκε σημαντικά με αποτέλεσμα την όλο και μεγαλύτερη συμμετοχή ινών ταχείας συστολής που σε συνδυασμό με το παροδικό ισχαιμικό περιβάλλον που δημιουργείται κατά τις συστολές (λόγω απόφραξης των τριχοειδών) των ενεργών μυών, η συμμετοχή του αναερόβιου μεταβολισμού αυξανόταν διαρκώς.

Εξαιτίας των εγγενών χαρακτηριστικών των δύο συνθηκών, στην μία συνθήκη (Κυκλική), η συγκέντρωση γαλακτικού στο τέλος κάθε κύκλου παρατηρούνταν μετά από άσκηση, πρακτικά, όλων των μυϊκών ομάδων (9 ασκήσεις x 1 σειρά) ενώ στην άλλη συνθήκη ήταν αποτέλεσμα μικρότερης μυϊκής μάζας (3 ασκήσεις x 3 σειρές). Αν και δεν προσδιορίστηκε, είναι πιθανό η αναγωγή της συγκέντρωσης γαλακτικού ανά μονάδα ενεργού μυός να έδειχνε υψηλότερες συγκεντρώσεις κατά την Κλασική συνθήκη.

Μεταβολές όγκου πλάσματος

Σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία, οι μεταβολές του όγκου πλάσματος που προκαλούνται κατά την άσκηση με αντιστάσεις είναι της τάξης του 7-20%

(Collins et al., 1989, Ahmadizad & El-Sayed, 2005, Craig et al., 2008). Οι μεταβολές του όγκου πλάσματος που παρατηρήθηκαν (>20%) και στις δύο συνθήκες ήταν από τις υψηλότερες που έχουν καταγραφεί σε αυτού του τύπου την άσκηση. Οι Craig et al. (2008) συγκρίνοντας δύο διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης με αντιστάσεις διαφορετικής επιβάρυνσης (10-MAE έναντι 5-MAE) και διαφορετικής αποκατάστασης (1 λεπτό έναντι 3 λεπτών) βρήκαν αντίστοιχα υψηλές τιμές (22,6%). Σύμφωνα με τους ερευνητές, ο τύπος της άσκησης επέδρασε σημαντικά στις μεταβολές του όγκου πλάσματος με το πρωτόκολλο της χαμηλότερης επιβάρυνσης αλλά των περισσότερων επαναλήψεων και της μικρότερης αποκατάστασης (10-MAE, 1 λεπτό) να προκαλεί τις εντονότερες μεταβολές. Οι ερευνητές αποδίδουν τις μεταβολές του όγκου πλάσματος στην μεγαλύτερης διάρκειας αυξημένη αρτηριακή πίεση, την αυξημένη ωσμομοριακότητα, και στο υψηλότερο παραγόμενο έργο κατά την συνθήκη των 10-MAE.

Η παρούσα έρευνα είναι η πρώτη που εξετάζει την επίδραση της σειράς εκτέλεσης των ασκήσεων με αντιστάσεις στις μεταβολές του όγκου πλάσματος. Τόσο η επιβάρυνση όσο και ο αριθμός επαναλήψεων και η αποκατάσταση ήταν σταθερά για τις δύο συνθήκες. Οι δύο συνθήκες δεν διέφεραν ως προς τις μεταβολές του όγκου πλάσματος. Το μεγαλύτερο μέρος της μεταβολής του όγκου πλάσματος παρατηρήθηκε αμέσως μετά τον πρώτο κύκλο ασκήσεων, ενώ περαιτέρω μείωση σημειώθηκε και στο δεύτερο κύκλο. Η έντονη αιμοσυμπύκνωση διατηρήθηκε ακόμα και 20 λεπτά μετά την ολοκλήρωση της άσκησης (~11,5%). Μια από τις αιτίες που προκαλούν το φαινόμενο της αιμοσυμπύκνωσης είναι η αυξημένη αρτηριακή πίεση που παρατηρείται κατά την άσκηση με αντιστάσεις (Ahmadizad et al., 2003). Είναι γνωστό ότι καθώς αυξάνεται η αρτηριακή πίεση, αυξάνεται η πίεση τριχοειδικής

διήθησης με αποτέλεσμα να μεταφέρεται όγκος πλάσματος από τα αγγεία στο μεσοκυττάριο χώρο. Συνεπώς, είναι πιθανό η έντονη μεταβολή του όγκου πλάσματος μετά το τέλος του πρώτου κύκλου ασκήσεων να σχετίζεται με την υψηλή συστολική πίεση (Craig et al., 2008) που παρατηρήθηκε στο διάστημα αυτό.

Ένας άλλος παράγοντας που επιφέρει μεταβολές του όγκου πλάσματος κατά την άσκηση με αντιστάσεις είναι η αυξημένη ωσμωμοριακότητα (Collins et al., 1989). Η διάσπαση του γλυκογόνου και η παραγωγή γαλακτικού, η συσσώρευση ιόντων υδρογόνου, αμμωνίας και άλλων μεταβολιτών οδηγούν σε αύξηση της ωσμωμοριακότητας των μυϊκών κυττάρων και του διάμεσου χώρου με αποτέλεσμα να μεταφέρεται όγκος πλάσματος από το αίμα στα κύτταρα (Aukland & Nicolaysen, 1988).

Αν και δεν ελέγχθηκε στην παρούσα έρευνα, έχει φανεί ότι η απώλεια υγρών μέσω της εφίδρωσης δεν επηρεάζει σημαντικά τον όγκο πλάσματος κατά την άσκηση με αντιστάσεις συγκριτικά με άσκηση αερόβιου τύπου (Craig et al., 2008).

5.4 Συνολικός όγκος άσκησης

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι ο συνολικός όγκος άσκησης που ολοκληρώθηκε διέφερε σημαντικά μεταξύ των συνθηκών, ενώ τα πρωτόκολλα άσκησης ήταν πανομοιότυπα ως προς τις αντιστάσεις (70% 12-MAE) και το χρόνο αποκατάστασης τόσο μεταξύ των ασκήσεων (30 s) όσο και μεταξύ των κύκλων (3 min). Ουσιαστικά, οι δοκιμαζόμενοι κλήθηκαν να εκτελέσουν τον ίδιο όγκο άσκησης, όπως αυτός υπολογίζεται από το γινόμενο αντίσταση x επαναλήψεις x σειρές, κατανεμημένο με δύο διαφορετικούς τρόπους. Στον πρώτο τρόπο, η κατανομή του συνολικού όγκου άσκησης είχε την τυπική μορφή ενός πρωτοκόλλου κυκλικής προπόνησης (Κυκλική συνθήκη) (Beachle & Earle, 2008). Αναλυτικότερα,

οι δοκιμαζόμενοι ασκούσαν τους μύες του κορμού και των ποδιών εναλλάξ, ενώ όπου αυτό δεν ήταν εφικτό οι ασκήσεις επιλέγονταν με βάση τη δράση των μυών (σπρώξιμο/τράβηγμα) έτσι ώστε να διασφαλίζεται ότι δεν εμπλέκονται οι ίδιες μυϊκές ομάδες. Ο δεύτερος τρόπος κατανομής του συνολικού όγκου (Κλασική συνθήκη), αποτελεί ένα τυπικό πρόγραμμα άσκησης με αντιστάσεις ολόκληρου του σώματος το οποίο βασίζεται στην εναλλαγή δράσης των μυών με βάση τον διαχωρισμό «τράβηγμα-σπρώξιμο» (Beachle & Earle, 2008), όπως και στην Κυκλική, με την ειδοποιό διαφορά ότι οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν όλες οι σειρές κάθε άσκησης πριν προχωρήσουν στην επόμενη. Επίσης, πρώτα εκτελούνταν οι ασκήσεις του κορμού και ακολουθούσαν εκείνες των κάτω άκρων (διαχωρισμός «άνω/κάτω μέρος του σώματος») (Beachle & Earle, 2008). Ο διαχωρισμός αυτός είναι πολύ συνηθισμένος στο σχεδιασμό προγραμμάτων άσκησης με αντιστάσεις και σκοπό έχει να διασφαλιστεί ότι δεν ασκούνται οι ίδιες μυϊκές ομάδες σε κάθε επόμενη άσκηση και έτσι να βελτιστοποιηθεί η αποκατάσταση μεταξύ των ασκήσεων (Beachle & Earle, 2008).

Δεν υπάρχουν έρευνες που να συγκρίνουν την επίδραση της σειράς εκτέλεσης των ασκήσεων με αντιστάσεις στο συνολικό όγκο άσκησης, σε δύο πρωτόκολλα όμοια ως προς τις υπόλοιπες παραμέτρους (αντίσταση, αριθμό επαναλήψεων και χρόνο αποκατάστασης). Στην παρούσα έρευνα οι μεταβολές που παρατηρήθηκαν στον συνολικό όγκο άσκησης οφείλονται αποκλειστικά στον αριθμό των επαναλήψεων ή στις σειρές που οι δοκιμαζόμενοι δεν ολοκλήρωσαν. Στους δύο τελευταίους κύκλους όπου παρατηρήθηκαν οι διαφορές μεταξύ των συνθηκών, ο αριθμός των επαναλήψεων που εκτέλεσαν οι δοκιμαζόμενοι ήταν κατά $\approx 11\%$ μικρότερος στην Κλασική συνθήκη. Είναι αξιοσημείωτο ότι κατά την Κλασική

συνθήκη κανένας δοκιμαζόμενος δεν κατάφερε να πραγματοποιήσει τον σχεδιασθέντα συνολικό όγκο άσκησης, σε αντίθεση με την Κυκλική όπου εννέα από τους δέκα δοκιμαζόμενους κατόρθωσαν να εκτελέσουν το σύνολο των επαναλήψεων.

Η αποκατάσταση μεταξύ των σειρών και των ασκήσεων σε ένα πρόγραμμα άσκησης με αντιστάσεις έχει αναφερθεί ως καθοριστικός παράγοντας για την απόδοση (Beachle & Earle, 2008). Μικρής διάρκειας αποκατάσταση οδηγεί σε αυξημένη συγκέντρωση γαλακτικού, ιόντων υδρογόνου και άλλων μεταβολικών υποπροϊόντων (Pi), τα οποία συνδέονται με την άμεση πτώση της παραγόμενης δύναμης και την ταχύτερη εμφάνιση της κόπωσης (Gladden, 2004). Παρά τις υψηλές τιμές που παρατηρήθηκαν στη συγκέντρωση του γαλακτικού μετά το τέλος κάθε κύκλου, δεν υπήρξαν διαφορές μεταξύ των συνθηκών.

Για την αποκατάσταση του 50% της φωσφοκρεατίνης που χρησιμοποιήθηκε μετά από μεγιστη άσκηση απαιτούνται $\approx 21-60$ s, ενώ για την απομάκρυνση του γαλακτικού και την επαναφορά του pH απαιτούνται $> 6-10$ λεπτά (Bogdanis et al., 1995). Στην Κλασική συνθήκη επειδή οι ίδιες μυϊκές ομάδες επιβαρύνονταν για τρεις σειρές διαδοχικά, τα 30 s που διαρκούσε η αποκατάσταση μεταξύ τους, δεν επαρκούσαν για την αποκατάσταση των παραμέτρων αυτών με συνέπεια την πρόωρη εξάντληση της φωσφοκρεατίνης και τη διαρκή συσσώρευση γαλακτικού και κυρίως ιόντων υδρογόνου στα μυϊκά κύτταρα και τελικά την εξάντληση πριν την ολοκλήρωση των απαιτούμενων επαναλήψεων. Αντιθέτως, στην Κυκλική συνθήκη, κάθε μυϊκή ομάδα που ασκούσαν σε μία σειρά δεν συμμετείχε στην επόμενη με αποτέλεσμα ο χρόνος της πραγματικής αποκατάστασης να είναι μεγαλύτερος από 30 s.

Μυϊκές συστολές εντονότερες από το $\approx 30\%$ MVC, προκαλούν πλήρη απόφραξη των αγγείων, δημιουργώντας παροδικά ένα ισχαιμικό περιβάλλον στους ασκούμενους μύες (deRuiter et al., 2007). Το ισχαιμικό ενδομυϊκό περιβάλλον προκαλεί αυξημένη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα, γαλακτικού ιόντων υδρογόνου και P_i , (Hogan et al., 1994). Οι δοκιμαζόμενοι καλούνταν να εκτελέσουν άσκηση στο $\approx 47\%$ 1-MAE, συνεπώς υπήρχε πλήρης απόφραξη των αγγείων σε κάθε συστολή. Επίσης, καθώς η κόπωση γινόταν εντονότερη, η σχετική ένταση αυξανόταν με συνέπεια να φτάσει ή και να ξεπεράσει τη μέγιστη εθελούσια συστολή. Αυτό σημαίνει ότι ο χρόνος κάθε επανάληψης αυξανόταν ενώ κάθε επόμενη επανάληψη είχε ένα διαρκώς μεγαλύτερο κομμάτι ισομετρικής συστολής, γεγονός που προκαλούσε εντονότερο ισχαιμικό ενδομυϊκό περιβάλλον. Δεν υπάρχει έρευνα που να έχει μελετήσει τη μυϊκή οξυγόνωση κατά τη διάρκεια ενός πρωτοκόλλου με χαρακτηριστικά αντίστοιχα με αυτά της παρούσας έρευνας. Ωστόσο, οι Tamaki et al. (1994) συνέκριναν τη μυϊκή οξυγόνωση κατά την εκτέλεση κάμψεων του βραχιόνιου δικεφάλου σε 3 συνθήκες: στην πρώτη οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν 1 σειρά των 10 επαναλήψεων χωρίς αντίσταση, στη δεύτερη 1 σειρά των 10 επαναλήψεων με αντίσταση 10-MAE και στην τρίτη συνθήκη 3 σειρές των 5 επαναλήψεων (δεν προσδιορίζεται η αντίσταση) με 1 λεπτό αποκατάσταση ανάμεσα στις σειρές. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι κατά την άσκηση με αντιστάσεις προκαλείται μείωση της αιματικής ροής στους ασκούμενους μύς η οποία επιφέρει μείωση του παρεχόμενου οξυγόνου και ότι η απόκριση αυτή γίνεται εντονότερη όταν πραγματοποιούνται επαναλαμβανόμενες σειρές με μικρό διάλειμμα ανάμεσά τους. Ωστόσο, τα αποτελέσματα αυτά πρέπει να ερμηνευτούν με προσοχή καθώς η συνθήκη 3x5 εκτελέστηκε μόνο από 3 δοκιμαζόμενους.

Το γεγονός ότι η καρδιακή συχνότητα ήταν συνολικά υψηλότερη κατά την Κυκλική συνθήκη μας επιτρέπει να υποθέσουμε ότι διατηρούνταν σε υψηλότερα επίπεδα και κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης. Αυτό θα είχε ως συνέπεια την διατήρηση της αυξημένης αρτηριακής πίεσης και τελικά της αιματικής ροής στους μύες που μόλις είχαν εργαστεί. Η διατήρηση υψηλής αιματικής ροής έχει φανεί ότι είναι καθοριστικός παράγοντας στην ταχύτερη επανασύνθεση των ενεργειακών υποστρωμάτων που καταναλώθηκαν κατά την άσκηση καθώς και στην ταχύτερη απομάκρυνση του γαλακτικού και των ιόντων υδρογόνου από τα μυϊκά κύτταρα στην κυκλοφορία (Bogdanis et al., 1996). Ο παραπάνω μηχανισμός μπορεί να εξηγήσει την ικανότητα των δοκιμαζόμενων να ολοκληρώσουν επιτυχώς την Κυκλική συνθήκη εκτελώντας το σύνολο του όγκου άσκησης, σε αντίθεση με την Κλασική.

5.5 Υποκειμενική αντίληψη κόπωσης

Η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης, τόσο η γενική (ολόκληρου του σώματος) όσο και η ειδική (των ενεργών μυών), παρουσίασε σημαντική αύξηση με την πάροδο του χρόνου και στις δύο συνθήκες. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σύμφωνα με εκείνα άλλων ερευνών που μελέτησαν την υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης κατά την άσκηση με αντιστάσεις. Σε έρευνα των Kraemer et al. (1987), όπου οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν 3 σειρές σε 10 ασκήσεις, με αντίσταση 10-MAE και διάλειμμα 30 s και 60 s μεταξύ σειρών και ασκήσεων αντίστοιχα ενώ η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης καταγράφονταν μετά από κάθε σειρά. Στο τέλος του πρωτοκόλλου η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης ήταν σημαντικά αυξημένη ($p < 0,05$), ενώ παρατηρήθηκε υψηλή συσχέτιση με την παράλληλη αύξηση του γαλακτικού ($r = 0,84$). Αντίστοιχη σύνδεση μεταξύ συγκέντρωσης γαλακτικού και υποκειμενικής

αντίληψης της κόπωσης παρατήρησαν και οι Suminski et al. (1996), καθώς υπήρξε παράλληλη αύξηση των δύο παραμέτρων όταν αυξήθηκε η ένταση της άσκησης με αντιστάσεις από 50% σε 70% 1-MAE. Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν και οι Lagally et al. (2002).

Από τις προαναφερθείσες έρευνες, μόνο αυτή των Lagally et al. (2002) εξέτασε την υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης διακρίνοντάς την σε γενική και ειδική, όπως και στην παρούσα έρευνα. Οι παραπάνω ερευνητές παρατήρησαν υψηλότερες τιμές ειδικής κόπωσης σε σχέση με τις αντίστοιχες της γενικής σε άσκηση με αντιστάσεις υψηλής (90% 1-MAE) και χαμηλής (30% 1-MAE) έντασης, αποδίδοντας τις διαφορές στην αντίστοιχα μεγαλύτερη συγκέντρωση του γαλακτικού στην συνθήκη υψηλής έντασης καθώς και σε πιθανή εξάντληση της φωσφοκρεατίνης.

Σημαντικές διαφορές στην ειδική κόπωση μεταξύ των συνθηκών βρέθηκαν και στην παρούσα έρευνα, με τις διαφορές αυτές να γίνονται ακόμα πιο έντονες στον δεύτερο και τρίτο κύκλο. Σημειώνεται ότι στους κύκλους αυτούς οι δοκιμαζόμενοι δεν κατάφεραν να εκτελέσουν το σύνολο των επαναλήψεων, με αποτέλεσμα να πραγματοποιήσουν κατά 10% λιγότερο έργο. Αξιοσημείωτο είναι και το γεγονός ότι μετά την εκτέλεση της Κλασικής συνθήκης παρατηρήθηκαν τα περισσότερα κλινικά συμπτώματα. Παρά τις πολύ υψηλές συγκεντρώσεις γαλακτικού που σημειώθηκαν και στις δύο συνθήκες στο τέλος του τρίτου κύκλου (17,90 έναντι 18,31 mmol L⁻¹ για Κυκλική και Κλασική αντίστοιχα), δεν διέφεραν μεταξύ τους. Ωστόσο, επειδή η ίδια συγκέντρωση γαλακτικού, στη μία συνθήκη επιτεύχθηκε μετά από άσκηση ολόκληρου του σώματος (Κυκλική) ενώ στην άλλη από μικρότερη μυϊκή μάζα, είναι δυνατό η ανά μονάδα μυός συγκέντρωση γαλακτικού να ήταν υψηλότερη στην

Κλασική συνθήκη. Επίσης, στην Κλασική συνθήκη η ίδια μυϊκή ομάδα εκτελούσε 12 επαναλήψεις για 3 διαδοχικές σειρές, με ενδιάμεση αποκατάσταση μόλις 30 s με αποτέλεσμα να συσσωρεύεται μεγαλύτερη ποσότητα γαλακτικού στους ενεργούς μύες και να προκαλείται εντονότερη πτώση του pH. Το όξινο περιβάλλον διεγείρει τις νευρικές απολήξεις στα μυϊκά κύτταρα προκαλώντας πόνο, δυσφορία και κόπωση κατά την άσκηση (Suminski et al., 1996).

5.6 Κλινικά συμπτώματα μετά από άσκηση με αντιστάσεις

Δεν έχουν καταγραφεί από άλλες έρευνες τα κλινικά συμπτώματα που παρουσιάζουν υγιείς δοκιμαζόμενοι κατά τη διάρκεια ή μετά την ολοκλήρωση προγράμματος άσκησης με αντιστάσεις, ιδιαίτερα μετά από πρωτόκολλα τόσο έντονα όπως αυτό της παρούσας έρευνας.

Κατά τη χρονική περίοδο της αποκατάστασης και στις δύο συνθήκες υπήρξαν λιποθυμικά επεισόδια σε διαφορετικούς δοκιμαζόμενους (συνολικά 3 περιπτώσεις). Χαρακτηριστικές είναι οι τιμές της αρτηριακής πίεσης που μετρήθηκαν 5 λεπτά μετά την ολοκλήρωση της Κλασικής συνθήκης σε ένα δοκιμαζόμενο (λιποθύμισε στο 9^ο λεπτό), ο οποίος είχε συστολική πίεση 85 mmHg, διαστολική 38 mmHg, και καρδιακή συχνότητα 93 παλμούς ανά λεπτό (τιμές ηρεμίας 140 mmHg, 74 mmHg και 54 παλμοί ανά λεπτό αντίστοιχα). Συχνές ήταν οι περιπτώσεις που οι δοκιμαζόμενοι ανέφεραν συμπτώματα ζαλάδας, προσωρινής απώλειας της όρασης και τάσης για εμετό ενώ αρκετοί δοκιμαζόμενοι παρουσίασαν ωχρή όψη κατά το διάστημα αυτό. Αντίστοιχα συμπτώματα παρατήρησαν και οι Smith et al. (1993) σε μία μελέτη περίπτωσης ενός ασθενή ο οποίος εμφάνιζε μετασκησιακή ζαλάδα, πτώση της πίεσης (65/32 mmHg για συστολική και διαστολική αντίστοιχα με καρδιακή συχνότητα 114 παλμούς ανά λεπτό) και θολή όραση. Στη συγκεκριμένη

περίπτωση και σύμφωνα με τους ερευνητές, τα μετασκησιακά αυτά συμπτώματα αποτέλεσαν τις μόνες κλινικές ενδείξεις για την μετέπειτα παθολογία του αυτόνομου νευρικού συστήματος του ασθενούς (autonomic failure).

Τα δύο από τα τρία λιποθυμικά επεισόδια εκδηλώθηκαν μετά την εκτέλεση της πρώτης εκ των δύο συνθηκών, γεγονός που πιθανόν υποδηλώνει ότι μετά από έκθεση του καρδιαγγειακού συστήματος σε τόσο έντονο στρες, σε επόμενη αντίστοιχη καταπόνηση ο ασκούμενος είναι σε θέση να ανταποκριθεί καλύτερα. Ωστόσο, σε μία δεύτερη προσέγγιση, τα δύο λιποθυμικά επεισόδια εκδηλώθηκαν μετά από εκτέλεση της Κλασικής συνθήκης, ενώ στη μία περίπτωση εξ'αυτών, είχε ήδη προηγηθεί η εκτέλεση της Κυκλικής συνθήκης. Παρουσιάζει ενδιαφέρον το γεγονός ότι τα περισσότερα συμπτώματα ζαλάδας και τάσης για εμετό αναφέρθηκαν μετά την εκτέλεση της Κλασικής συνθήκης, ανεξαρτήτως σειράς. Τέτοια συμπτώματα παρατηρούνται μετά από άσκηση υψηλής έντασης που προκαλεί μεταβολική οξέωση, υπεραερισμό και έντονο αίσθημα δυσφορίας. Η άσκηση που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα οδήγησε σε υψηλές συγκεντρώσεις γαλακτικού και στις δύο συνθήκες. Η σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση γαλακτικού, συγκριτικά με τις προασκησιακές τιμές, σε συνδυασμό με τη μεγάλη αιμοσυμπύκνωση και την μετασκησιακή υπόταση κατά την αποκατάσταση της Κλασικής συνθήκης, είναι πιθανό να ευθύνονται για τα παραπάνω συμπτώματα.

Η αναλυτικότερη καταγραφή αντίστοιχων συμπτωμάτων και από άλλες έρευνες θα επέτρεπε ενδεχομένως την καλύτερη κατανόηση της απόκρισης του ανθρώπινου οργανισμού μετά από αντίστοιχης καταπόνησης πρωτόκολλα και θα βοηθούσε στην καλύτερη διαμόρφωση των προγραμμάτων άσκησης με αντιστάσεις ώστε αυτά να

είναι εφαρμόσιμα στην καθημερινή πρακτική με τις λιγότερες δυνατές αρνητικές επιδράσεις.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά στην παρούσα έρευνα βρέθηκε ότι:

1. Η Κυκλική μορφή της άσκησης με αντιστάσεις αποτελεί τον ιδανικότερο τροπο κατανομής του συνολικού όγκου άσκησης σε σχέση με την Κλασική μορφή, όταν όλες υπόλοιπες παράμετροι παραμένουν σταθερές και μεταβάλλεται μόνο η σειρά εκτέλεσης των ασκήσεων.
2. Η Κυκλική μορφή βελτιστοποιεί την αποκατάσταση μεταξύ των ασκήσεων και επιτρέπει την ολοκλήρωση μεγαλύτερου συνολικού όγκου άσκησης, σε σχέση με την Κλασική μορφή.
3. Η άσκηση με αντιστάσεις σε Κυκλική μορφή αποτελεί ιδανικότερο ερέθισμα για τη δραστηριοποίηση του καρδιαγγειακού και του αναπνευστικού συστήματος σε σχέση με την Κλασική μορφή, όταν όλες οι επιμέρους παράμετροι της άσκησης παραμένουν σταθερές (αντίσταση, αποκατάσταση, σειρές).
4. Η Κυκλική μορφή της άσκησης με αντιστάσεις επιτρέπει την εκτέλεση του ίδιου συνολικού όγκου άσκησης με χαμηλότερη αντίληψη της κόπωσης, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό για την τήρηση του προγράμματος εκγύμνασης από αρχάριους ασκούμενους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ahmadizad, S., El-Sayed, M. S. (2003). The effects of graded resistance exercise on platelet aggregation and activation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(6), 1026-32.
- Ahmadizad, Sajad & El-Sayed, Mahmoud S. (2005). The acute effects of resistance exercise on the main determinants of blood rheology. *Journal of Sports Sciences*, 23 (3), 243-249.
- Alcaraz, P. E., Nchez -Lorente, J. S. & Blazevich, A. J. (2008). Physical performance to an acute bout of heavy resistance circuit training versus traditional strength training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22 (3) 667-671.
- American College of Sports Medicine (2000). ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription. Sixth Edition. pp 143-184.
- Arthurs, O., Dey, P., Pattnayak, S., Bewley, B., MacDonald, A. & Kelsall, W. (2007). Point-of-Care measurements on a neonatal Intensive care unit using the OMNI-S Blood gas analyzer. *Point of Care*, 6, 112-117.
- Aukland, K. & Nicolaysen G. (1981). Interstitial fluid volume: Local regulatory mechanisms. *Physiology Reviews*, 61, 556—643.
- Azuma, K., Homma, S., Kagaya, A. (2000). Oxygen supply-consumption balance in the thigh muscles during exhausting knee-extension during exhausting knee-extension exercise. *Journal of biomedical optics*, 5, 97-101.
- Ballor, D. L., Becque, M. D. & Katch, V. L. (1987). Metabolic responses during hydraulic resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19, 363–367.
- Beachle, T. R., Earle, R. (2008). *Essentials of strength training and conditioning*. 3rd ed. Human kinetics, Champaign IL, pp 395–425.
- Beaver, W. L., WasseMAEan, K. & Whipp, B. J. (1986). A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *Journal of Applied Physiology*, 60(6), 2020-2027.
- Bogdanis, G. C, Nevill, M. E, Lakomy, H. K, Graham, C. M, Louis, G. (1996) Effects of active recovery on power output during repeated maximal sprint cycling. *European Journal of Applied Physiology Occupational Physiology*, 74(5), 461-9.

- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., Lakomy, H. K., Nevill, A. M. (1995). Recovery of power output and muscle metabolites following 30 s of maximal sprint cycling in man. *Journal of Physiology*, 482 (Pt 2), 467-80.
- Bosquet L.T., Léger L. & Legros P. (2002). Methods to determine aerobic endurance *Sports Medicine*; 32(11), 675-700
- Campos, G. E. R., Luecke, T. J., Wendeln H. K., Kumika T., Hagerman F. C., Murray, T. F., Ragg, K. E., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J. & Staron R. S. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *European Journal of Applied Physiology*, 88, 50–60.
- Collins, M .A., Cureton, K. J., Hill, D. W. & Ray C. A. (1991). Relationship of heart rate to oxygen uptake during weight lifting exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(5): 636-640.
- Collins, M. A., Hill, C. D. W. & Ray, C.A. (1989). Relation of plasma volume change to intensity of weight lifting. *Medicine and Science of Sports and Exercise*, 21(2), 178-185.
- Collins, M. A., Hill, K. D., Cureton, W. J. & DeMello, J. J. (1986). Plasma volume change during heavy-resistance weight lifting. *European Journal of Applied Physiology*, 55, 44-48.
- Craig, S. K., Byrnes, W. C. & Fleck, S. J. (2008). Plasma Volume during weight lifting. *International Journal of Sports Medicine*, 29, 89-95.
- Day, M. L., McGuigan, M. R., Brice, G. & Foster, C. (2004). Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(2), 353–358.
- De Ruiter, C. J., Goudsmit, J. F. A., Van Tricht, J. A. V. & De Hann, A. (2003). The isometric torque at which knee-extensor muscle reoxygenation stops. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(3), 443-452.
- Delp, M. D. & Donal S. L. (2004). Integrative control of the skeletal muscle microcirculation in the maintenance of arterial pressure during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 97, 1112–1118.
- Delp, M. D. & Laughlinr, M. H. (1998). Regulation of skeletal muscle perfusion during exercise. *Acta Physiologica Scandinavia*, 162, 411-419.

- DeVan, A. E., Anton, M. M., Cook, J. N., Neidre, D. B., Cortez-Cooper, M. Y. & Tanaka, H. (2005). Acute effects of resistance exercise on arterial compliance. *Journal of Applied Physiology*, 98, 2287–2291.
- Dill, D. B. & Still, L. (1974). Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. *Journal of Applied Physiology*, 37(2), 247–248.
- Duffield, R., Dawson, B., Pinnington H. C. & Wong P. (2004). Accuracy and reliability of a Cosmed K4b² portable gas analysis system. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 7(1), 11–22.
- Eklblom, B., Astrand P.O., Saltin B., Ternberg J. D, and. Wallstrom (1968). Effects on circulatory response to exercise. *Journal of Applied Physiology*, 24:518–528.
- Fagard R. H. (2006). Exercise is good for your blood pressure: Effects of endurance training and resistance training. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 33, 853–856.
- Fisher, M. M. (2001). The effect of resistance exercise on recovery blood pressure in normotensive and borderline hypertensive women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(2), 210–216.
- Folland, J. P. & Williams, A. G. (2007). The Adaptations to strength training morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Medicine*; 37 (2): 145–168.
- Forjaz, C. L, Cardoso, C. G. Jr., Rezk, C. C., Santaella, D. F., Tinucci, T. (2004). Postexercise hypotension and hemodynamics: the role of exercise intensity. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 441, 54–62.
- Garbutt, G., Boocock, M. G., Reilly, T. & Troup, J. D. G. (1994). Physiological and spinal responses to circuit weight – training. *Ergonomics*, 37(1), 117–125.
- Gearhart, R. F. JR., Goss, F. L., Lagally, K. M., Jakicic, J. M, Gallagher, J., Gallagher, K. I & Robertson, R. J. (2002). Ratings of perceived exertion in active muscle during high-intensity and low-intensity resistance. *Exercise Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(1), 87–91.
- Gearhart, R. F., Fredric, J. R., Lagally, G., Kristen, M., Jakicic, J. M., Gallagher, J., Gallagher, K. I. & Robertson, R. J. (2002). Ratings of perceived exertion in

- active muscle during high-intensity and low-intensity resistance exercise *Journal of Strength and Conditioning Research*, 161, 87–91.
- Gettman, L. R. & Pollock, M. L. (1981). Circuit weight training: A critical review of its physiological benefits. *The Physician and Sports Medicine*, 9(1), 44-60.
- Gettman, L. R., Ward, P. & Hagan, R. D. (1982). A comparison of combined running and weight training with circuit weight training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(3): 229-234.
- Gladden, B. L. (2004). Lactate metabolism: A new paradigm for the third millennium. *Journal of Physiology*, 558(1), 5-30.
- Gobel FL, Norstrom LA, Nelson RR, Jorgensen CR, Wang Y. (1978) The rate-pressure product as an index of myocardial oxygen consumption during exercise in patients with angina pectoris. *Circulation*. 57(3):549-56.
- Gotshalk, L. A., Berger, R. A. & Kraemer, W. J. 2004. Cardiovascular responses to a high – volume continuous circuit resistance training protocol, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 184, 760–764.
- Haddock., B. L. & Wilkin, D. (2006). Resistance training volume and post exercise energy expenditure. *International Journal of Sports Medicine*, 27: 143–148.
- Hakkinen, K., Komi, P. V. & Alen, M. (1985). Effect of explosive type strength training on isometric force-and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 125, 587–600.
- Harms C. A. (2000) Effect of skeletal muscle demand on cardiovascular function. *Medicine and Science in Sports and Exercise* Jan;32(1):94-9. Review.
- Heffernan, K. S., Collier, S. R., Kelly, E. E., Jae, S. Y. & Fernhall, B. (2007). Arterial stiffness and baroreflex sensitivity following bouts of aerobic and resistance exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 197-203.
- Hoffman, J. R., IM, J., Rundell, K. W., Kang, J., Nioka, S., Speiring, B. A., Kime, R. & Chance, B. (2003). Effect of muscle oxygenation during resistance exercise on anabolic hormone response. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(11), 1929–1934.

- Hogan, M. C., Richardson, R. S. & Kurdak, S. S. (1994). Initial fall in skeletal muscle force development during ischemia is related to oxygen availability. *Journal of Applied Physiology*, 77(5), 2380-2384.
- Hollander, D. B., Durand, R. J., Trynicki, J. L., Larock, D., Castracane V. D., Hebert, E. P. & Kraemer, R. R. (2003). RPE, pain, and physiological adjustment to concentric and eccentric contractions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(6), 1017–1025.
- Hurley, B. F., Seals, D. R., Ehhsani, A. A., Cartier, L.-J., Dalsky, G. P., Hagberg, J. M. & Holloszy, J. O. (1984). Effects of high – intensity strength training on cardiovascular function. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16(5), 483-488.
- Jackson, A. & Pollock, M. L. (1985). Practical assessment of body composition. *Physician Sportsmed*, 13, 76–90.
- Jones, A. M. & Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine*, 29(6), 373-386.
- Jones, A. M. & Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine*, 29 (6): 373-386.
- Kaikkonen, H., Yrjama, M., Siljander, E., Byman, P. & Laukkanen, R. (2000). The effect of heart rate controlled low resistance circuit weight training and endurance training on maximal aerobic power in sedentary adults *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 10, 211–215.
- Kang, J., Hoffman, J. R., Im, J., Spiering, B. A., Ratamess, N. A., Rundell, K. W., Nioka, S., Cooper, J. & Chance, B. (2005). Evaluation of physiological responses during recovery following three resistance exercise programs. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 305–309.
- Knowlton, R. G., Hetzler, R. K., Kaminsky, L. A. & Morrison, J. J. (1987). Plasma volume changes and cardiovascular responses with weight lifting. *Medicine and Science of Sports and Exercise*, 19(5), 464-468.
- Kraemer, W. J. (1988). Endocrine responses to resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20 (Suppl 5), S152-S157.

- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Endocrine responses and adaptations to strength and power training. In: *Strength and Power in Sport*, 2nd Ed. Blackwell Science: Malden, MA.
- Kraemer, W. J., Noble, B. J., Clark, M. J. & Culver, B. W. (1987). Physiologic responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods. *International Journal of Sports Medicine*, 8, 247-252.
- Lagally, K. M., Robertson, R. J., Gallagher, K. I., Goss, F. L., Jakicic, J. M., Lephart, S. & Goodpaster, B. (2002). Perceived exertion, electromyography, and blood lactate during acute bouts of resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(3), 552–559.
- Lentini, A. C., Mckelvie, R. S., McCartney, N., Tomlinson, C. S. W. & Macdougall, J. D. (1993). Left ventricular response in healthy young men during heavy-intensity weight-lifting exercise. *Journal of Applied Physiology*, 75(6), 2703-2710.
- Lewis, S. F., Snell, P. G., Taylor, W. F., Hamra, M., Graham, R. M., Pettinger, W. A. & Blomqvist, C. G. (1985). Role of muscle mass and mode of contraction in circulatory responses to exercise. *Journal of Applied Physiology*, 58(1): 146-151.
- Linnamo, V., A Pakarinen, R.T.O., Komi, P. V., Kraemer, W. J. & Kkinen, K. H. (2005). Acute hormonal responses to submaximal and maximal heavy resistance and explosive in men and women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 566–571.
- MacDonald, J. R. (2002). Potential causes, mechanisms, and implications of post exercise hypotension. *Journal of Human Hypertension*, 16, 225–236.
- MacDonald, J. R., MacDougall, J. D. & Hogben, C. D. (2000). The effects of exercising muscle mass on post exercise hypotension. *Journal of human hypertension* ; 14: 317–320.
- MacDonald, J., MacDougall, J. & Hogben, C. (1999). The effects of exercise intensity on post exercise hypotension. *Journal of human hypertension*, 13: 527–531.
- MacDougall, J. D., Mckelvie, R. S., Moroz, D. E., Sale, D. G., McCartney, N. & Buick, F. (1992). Factors affecting blood pressure during heavy weight lifting and static contractions. *Journal of Applied Physiology*, 734, 1590-1597.

- Mookerjee, S. & Ratamess, N. A. (1999). Comparison of strength differences and joint action durations between full and partial range-of-motion bench press exercise. *Journal of Strength Conditioning and Research*, 13, 76–81.
- Nader, G. A. (2006). Concurrent strength and endurance training: From molecules to Man. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(11): 1965–1970.
- Narloch, J. A. & Brandstater M. E. (1995). Influence of breathing technique on arterial blood pressure during heavy weight lifting. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 76, 457-62.
- Palatini, P., Mos, L., Munari, L., Valle, F., Del Torre, M., Rossi, A., Varotto, L., Macor, F., Martina, S., Pessina, A. C. & Dal Palu, C. (1989). Blood pressure changes during heavy-resistance exercise. *Journal of Hypertension*, 7(Suppl 6), S72-S73.
- Pichon, C. E., Hunter, G. R., Morris, M., Bond, R. L. & Metz, J. (1996). Blood pressure and heart rate response and metabolic cost of circuit versus traditional weight training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10(3), 153-156.
- Piepoli M., Isea J., E., Pannarale G., et al. (1994) Load dependence of changes in forearm and peripheral vascular resistance after acute leg exercise in man. *Journal of Physiology*; 478: 357–362.
- Pincivero, D. M., Coehlo A. J., Campy R. M., Salfetnikov Y. & Bright A. (2001). The effects of voluntary contraction intensity and gender on perceived exertion during isokinetic quadriceps exercise. *European Journal of Applied Physiology*. 84:221–226.
- Ploutz, L.L., Tatro, D. L., Dudley, G. A. & Convertino, V. A. (1993). Changes in plasma volume and baroreflex function following resistance exercise. *Clinical Physiology*, 13, 429-438.
- Ploutz-Snyder, L. L., Convertino, V. A. & Dudley, G. A. (1995). Resistance exercise-induced fluid shifts: Change in active muscle size and plasma volume. *American Journal of Physiology*, 269, 536-543.
- Rieu M, Duvallet A, Scharapan L, Thieulart L, Ferry A. (1988). Blood lactate accumulation in intermittent supramaximal exercise. *European Journal of Applied Physiology Occupational Physiology*, 57(2):235-42.

- Rueckert, P. A., Slave, P. R., Lillis, D. L., Hanson, P. (1996). Hemodynamic patterns and duration of post-dynamic exercise hypotension in hypertensive humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(1), 24-32.
- Sforzo G. A. & Touey P. R. (1996). Manipulating exercise order affects muscular performance during a resistance exercise training session. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10(1), 20-24.
- Shimano, T., Kraemer, W. J., Spiering, B. A., Volek, J. S., et al. (2006). Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 819–823.
- Shinohara M., Moritani T. (1992) Increase in neuromuscular activity and oxygen uptake during heavy exercise. *The Annals of physiological anthropology*;11(3):257-62.
- Simao, R., Farinatti, P. T. V., Polito, M. D., Maior, A.S. & Fleck, S.J. (2005). Influence of exercise order on the number of repetitions performed and perceived exertion during resistance exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 152–156.
- Simao, R., Fleck, S.J., Polito, M., Monteiro, W. & Farinatti, P. (2005). Effects of resistance training intensity, volume, and session format on the postexercise hypotensive response. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 853-858.
- Smilios, I., Pilianidis, T., Karamouzis, M., Parlavantzas, A. & Tokmakidis, S. P. (2007). Hormonal responses after a strength endurance resistance exercise protocol in young and elderly males. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 401-406.
- Smilios, I., Pillianidis, T., Karamouzis, M. & Tokmakidis, S. P. (2003). Hormonal responses after various resistance exercise protocols. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(4), 644–654.
- Smith, G D P, Bannister, R. & Mathias, C. J. (1993). Post-exertion dizziness as the sole presenting symptom of autonomic failure. *British Heart Journal*, 69, 359-361.
- Suminski, R. R., Robertson, R. J. Arslanian, S., Kang, J., Utter, A. C., Dasilva, S. G., Goss, F. L. & Metz, K. F. (1997). Perception of effort during resistance exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11, 261–265.

- Takarada Y., Takazawa H., Sato Y., Takebayashi S., Tanaka Y., Ishii N. (2000). Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *Journal of Applied Physiology*. 88 (6):2097-106.
- Tamaki, T., Uchiyama, S., Tamura, T. & Nakano, S. (1994). Changes in muscle oxygenation during weight-lifting exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 68, 465-469.
- Tanaka, H. & Swensen, T. (1998). Impact of Resistance Training on Endurance Performance. A New Form of Cross-Training? *Sports Medicine*, 25 (3): 191-200.
- Tanimoto M. & Ishii N. (2006). Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men. *Journal of Applied Physiology* 100: 1150–1157.
- Tanimoto, M., Sanada, K., Yamamoto, K., Kawano, H., Gando, Y., Tabata, I., Ishii, N., & Miyachi, M. (2008). Effects of whole-body low-intensity resistance training with slow movement and tonic force generation on muscular size and strength in young men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(6): 1926–1938.
- Tesch PA, Colliander EB, Kaiser P. (1986) Muscle metabolism during intense, heavy-resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology Occupational Physiology*; 55(4):362-6.
- Tesch PA, Lindeberg S. (1984) Blood lactate accumulation during arm exercise in world class kayak paddlers and strength trained athletes. *European Journal of Applied Physiology Occupational Physiology*;52(4):441-5.
- Westerblad, H., Allen, D. A. & Lannergren, J. (2002). Muscle fatigue: Lactic acid or inorganic phosphate the major cause? *News in physiological sciences*, 17, 17-21.
- Wilkins, B. W., Minson, C. T. & Halliwill, J. R. (2004). Regional hemodynamics during postexercise hypotension. II. Cutaneous circulation *Journal of Applied Physiology*, 97, 2071–2076.
- Wilmore, J. H., Parr, R. B., Girandola, R. N., Ward, P., Vodak, P. A., Barstow, T. J., Pipes, T. V., Romero, G. T. & Leslie, P. (1978). Physiological alterations consequent to circuit weight training. *Medicine and Science in Sports*, 10(2), 79-84.
- Wilmore, J.H. & Costil, D.L. (2004). *Physiology of Sport and Exercise*, 3rd ed. Human Kinetics Book, Campaign, IL

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΕΝΤΥΠΟ ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ

ΣΚΟΠΟΣ:

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να εξετάσει την επίδραση της σειράς των ασκήσεων σε φυσιολογικές παραμέτρους κατά την άσκηση με αντιστάσεις.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ:

Στα πλαίσια της παρούσας έρευνας οι συμμετέχοντες θα εκτελέσουν τις εξής δοκιμασίες:

Δοκιμασία μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου σε δαπεδοεργόμετρο

Κατά τη δοκιμασία αυτή ο δοκιμαζόμενος θα τρέξει σε δαπεδοεργόμετρο για συνολική διάρκεια 12-15 λεπτών. Αρχικά, η ένταση της άσκησης θα είναι πολύ χαμηλή και προοδευτικά θα αυξάνεται μέχρι να επέλθει εξάντληση.

Δοκιμασία 12-ΜΑΕ

Στη δοκιμασία αυτή θα βρεθεί η αντίσταση στην οποία ο δοκιμαζόμενος μπορεί να εκτελέσει μόνο 12 επαναλήψεις για κάθε μία από τις 9 ασκήσεις.

Άσκηση με αντιστάσεις

Η άσκηση με αντιστάσεις περιλαμβάνει την εκτέλεση 2 διαφορετικών συνθηκών. Σε κάθε συνθήκη θα εκτελούνται 9 ασκήσεις με προκαθορισμένη σειρά. Συνολικά θα εκτελεστούν 3 σειρές των 12 επαναλήψεων για κάθε άσκηση. Η αντίσταση που θα χρησιμοποιηθεί σε κάθε άσκηση θα είναι ίση με το 70% της αντίστασης που βρέθηκε κατά τη δοκιμασία 12-ΜΑΕ. Η αποκατάσταση μεταξύ των ασκήσεων και των σειρών θα είναι 30 s και μετά την ολοκλήρωση κάθε 9 ασκήσεων ή σειρών θα δίδεται αποκατάσταση 3 λεπτών.

Θα καταγραφεί η πρόσληψη οξυγόνου, η καρδιακή συχνότητα, η αρτηριακή πίεση και η προσλαμβανόμενη κόπωση καθώς επίσης θα ληφθεί δείγμα αίματος από το δάκτυλο για τον υπολογισμό του γαλακτικού, της αιμοσφαιρίνης και του αιματοκρίτη

ΚΙΝΔΥΝΟΙ: Πρέπει να γνωρίζετε ότι η συμμετοχή στην παρούσα έρευνα απαιτεί έντονη και επίπονη μυϊκή προσπάθεια. Υπάρχουν ελάχιστες πιθανότητες υπέρμετρης καταπόνησης του καρδιαγγειακού συστήματος με αποτέλεσμα διαταραχή της φυσιολογικής αρτηριακής πίεσης του αίματος, λιποθυμίας ή πολύ σπάνια και καρδιακής προσβολής. Επίσης λόγω της έντονης μυϊκής προσπάθειας υπάρχει πιθανότητα πρόκλησης μυϊκού τραυματισμού. Για αυτό τον λόγο είναι υποχρέωσή σας να μην μας αποκρύψετε οποιαδήποτε πληροφορία κατέχετε και σχετίζεται με την κατάσταση της υγείας σας ή πρότερη ατυχή εμπειρίας σας κατά την διάρκεια μέγιστης προσπάθειας.

Ενώ είναι σημαντικό για τις μετρήσεις να αποδώσετε μέχρι εξάντλησης, μπορείτε να σταματήσετε οποιαδήποτε στιγμή αισθανθείτε αδιαθεσία ή πόνο.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι εμπιστευτικά και για χρήση δική σας και των ερευνητών. Σε περίπτωση δημοσιοποίησης των δεδομένων, αυτή θα είναι ανώνυμη. Για οποιαδήποτε ερώτηση ή παρατήρηση θα είμαστε στην διάθεσή σας.

ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗ: *Διάβασα το παραπάνω και κατάλαβα πλήρως τις διαδικασίες στις οποίες θα υποβληθώ. Δηλώνω ότι δεν έχω κανένα ιατρικό πρόβλημα και δέχομαι να συμμετάσχω, διατηρώντας το δικαίωμα να αποσυρθώ ανά πάσα στιγμή σύμφωνα με την προσωπική μου κρίση.*

Αθήνα / /

Όνομα μάρτυρα:	Όνομα δοκιμαζόμενου:
Υπογραφή:	Υπογραφή:

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΙΑΤΡΙΚΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΔΟΚΙΜΑΖΟΜΕΝΟΥ

Επώνυμο: _____ Όνομα :

Ημερομηνία Γεννήσεως : _____

Διεύθυνση :

Τηλ. _____ Κιν. _____ Τηλ. _____

Εργασίας: _____

Οικογενειακός Γιατρός :

ΜΕΡΟΣ Α

1. Πότε ήταν η τελευταία φορά που έκανες πλήρη ιατρικό έλεγχο/ εξετάσεις;

2. Έχεις εξεταστεί ξανά σε εργομετρικό εργαστήριο; Αν ναι πότε;

3. Είσαι αλλεργικός σε τροφές, φάρμακα ή άλλες ουσίες. Α ναι σε ποιες;

4. Σου έχει αναφερθεί ότι πάσχεις από κάποια χρόνια ή σοβαρή ασθένεια. Αν ναι από ποια/ ποιες; _____

5. Αναφέρετε τις τρεις τελευταίες φορές που νοσηλευτήκατε:

Χειρουργεία:

Έτος Αιτία Νοσοκομείο

Νοσηλεία άλλου είδους:

Έτος Αιτία Νοσοκομείο

6. Κάνατε ποτέ μετάγγιση αίματος; Αν ναι, πότε;

ΜΕΡΟΣ Β

Κατά την διάρκεια των τελευταίων 12 μηνών :

1. Σου χορηγήθηκε από γιατρό κάποιο φάρμακο; ΝΑΙ ΟΧΙ

2. Έχεις αισθανθεί τάση για λιποθυμία ή ζάλη; ΝΑΙ ΟΧΙ

3. Αντιμετωπίζεις συχνά προβλήματα διαταραχής ύπνου; ΝΑΙ ΟΧΙ

4. Έχεις αισθανθεί το οπτικό σου πεδίο θολό; ΝΑΙ ΟΧΙ

5. Έχεις έντονους πονοκεφάλους; ΝΑΙ ΟΧΙ

6. Έχεις συνήθως το πρωί βήχα; ΝΑΙ ΟΧΙ

Παράρτημα Α

110

7. Σου συμβαίνει να δυσκολεύεσαι να μιλήσεις ή να ψευδίζεις; ΝΑΙ ΟΧΙ

8. Αισθάνεσαι νευρικός ή αγχώδης χωρίς ιδιαίτερη αιτία; ΝΑΙ ΟΧΙ

9. Έχεις αισθανθεί την καρδιά σου να χτυπά ασυνήθιστα (σαν να 'φτερουγίζει');

ΝΑΙ ΟΧΙ

10. Υπάρχουν φορές που η καρδιά σου χτυπά πολύ γρήγορα

χωρίς ιδιαίτερο λόγο (ταχυκαρδίες);

NAI OXI

11. Καπνίζεις συστηματικά; Αν ναι πόσα τσιγάρα την ημέρα;

NAI OXI

12. Καταναλώνεις αλκοόλ συστηματικά (κάθε 1-2 μέρες); Αν ναι πόσο;

NAI OXI

Πρόσφατα :

1. Έχεις αισθανθεί 'να σου κόβεται η αναπνοή' ή να μη μπορείς να αναπνεύσεις όταν περπατάς ή όταν κάθεσαι; NAI OXI

2. Έχεις αισθανθεί υπερβολική δύσπνοια ή υπέρμετρη κόπωση κατά την άσκηση; NAI OXI

3. Έχεις αισθανθεί ξαφνικά 'τσιμπήματα' / μούδιάσματα στα χέρια, πόδια ή πρόσωπο ή να μην 'αισθάνεσαι' αυτά τα μέρη του σώματος; NAI OXI

4. Έχεις ποτέ παρατηρήσει ότι τα πόδια ή τα χέρια σου είναι πιο κρύα από το υπόλοιπο μέρος του σώματός σου; NAI OXI

5. Έχεις πρηξίματα _____ στα πόδια ή αστραγάλους; NAI OXI

6. Έχεις αισθανθεί πίεση, βάρος, πόνο ή 'πλάκωμα' στο στήθος; NAI OXI

7. Σου έχουν αναφέρει ποτέ ότι η πίεση του αίματός σου δεν είναι φυσιολογική; NAI OXI

8. Σου έχουν αναφέρει ποτέ ότι τα επίπεδα των τριγλυκεριδίων ή της χοληστερόλης στο αίμα σου δεν είναι φυσιολογικά; NAI OXI

9. Υποφέρεις από διαβήτη; NAI OXI

Αν ναι, πώς τον ελέγχεις; _____

10. Πώς θα αξιολογούσες τη γενική σου υγεία;

α) Άριστη β) Πολύ καλή γ) Καλή δ) Μέτρια ε) Κακή

11. Πόσο συχνά γυμνάζεσαι;

α) καθόλου β) ελαφρά (π.χ. περπάτημα)

Παράρτημα Α

111

γ) συστηματικά με χαμηλή ένταση (λιγότερο από 4 φορές την εβδομάδα, για 30 λεπτά)

δ) συστηματικά με υψηλή ένταση (περισσότερες από 4 φορές την εβδομάδα)

12. Πώς θα αξιολογούσες τη διατροφή σου;

α) ισορροπημένη β) μέτρια γ) φτωχή

13. Πόση καφεΐνη καταναλώνεις ημερησίως;

α) καθόλου β) καφέ: _____/ημέρα

γ) τσάι: _____/ημέρα δ) αναψυκτικά τύπου

Cola: _____/ημέρα

14. Πίνεις αλκοόλ; NAI OXI

Αν ναι, τι

είδους; _____

Πόσα ποτά την

εβδομάδα; _____

15. Καπνίζεις; NAI OXI

Αν ναι, πόσα τσιγάρα ημερησίως; _____

16. Πόσο συχνά θα χαρακτήριζες ότι το επίπεδο άγχους σου είναι υψηλό;

α) σχεδόν πάντα β) πολύ συχνά γ) συχνά δ) μερικές φορές

ε) σπάνια

17. Σου έχουν αναφέρει ότι πάσχεις ή στο παρελθόν έπασχες από μία ή περισσότερες από τις ακόλουθες ασθένειες;

Έμφραγμα μυοκαρδίου Θρόμβωση Στεφανιαίων Αρτηριών Θυρεοειδή

Αρτηριοσκλήρωση Ανεύρυσμα Υπέρταση - Υπόταση

Καρδιακή Μαρμαρυγή Καρδιακό Αποκλεισμό

Στηθάγχη

Καρδιακή Ανεπάρκεια Περιφερειακή Θρόμβωση

Άσθμα

Καρδιακές αρρυθμίες Ηπατίτιδα

Εμφύσημα

Οστεοπόρωση Αναιμία Άγχος ή κατάθλιψη

Κήλη Φλεβίτιδα Επιληψία

Ανορεξία/ βουλιμία Έλκος Αμηνόρροια

Ορθοπεδικά ή άλλα προβλήματα (πχ. μέση, γόνατο, ώμος, κλπ):

Παράρτημα Α

112

ΜΕΡΟΣ Γ

ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΚΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Ηλικία

Ηλικία θανάτου

Σοβαρά προβλήματα υγείας

ή αιτία θανάτου

Πατέρας

Μητέρα

Αδέρφια Α

Θ

Α

Θ

Α

Θ

Ηλικί

α

Ηλικία

θανάτου

Σοβαρά

προβλήματα υγείας

ή αιτία θανάτου

Από

πατέρα

Παππούς

Γιαγιά

Από

μητέρα

Παππούς

Γιαγιά

Α

Θ
Α
Θ
Α
Θ
Α
Θ
Α
Θ
Α
Θ
Α
Θ

Όνοματεπώνυμο:-_____

Υπογραφή:_____

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΑΣΚΗΣΙΟΛΟΓΙΟ

Οι ασκήσεις που περιλαμβάνονταν στις δύο πειραματικές συνθήκες (Κυκλική και Κλασική) εκτελέστηκαν σύμφωνα με τις παρακάτω οδηγίες:

1. Εμπροσθολαίμιες έλξεις τροχαλίας προς τα κάτω από εδραία θέση (Lat pulldowns to the front)

Αρχική θέση

Ο δοκιμαζόμενος ξεκινάει από καθιστή θέση.

Ο κορμός είναι κάθετος και τα γόνατα βρίσκονται σε κάμψη 90°. Χρησιμοποιείται η πρώτη λαβή.

Τα χέρια έχουν απόσταση μεταξύ τους τουλάχιστον στο άνοιγμα των ώμων. Οι αγκώνες είναι σε έκταση.

Η μέση είναι ίσια και βρίσκεται στην ίδια ευθεία με το κεφάλι.

Κίνηση και τελική θέση

Ο δοκιμαζόμενος τραβάει προς τα κάτω την μπάρα με ελεγχόμενο τρόπο μέχρι να ακουμπήσει το μπροστινό μέρος των ώμων.

Η έλξη ξεκινάει τραβώντας πρώτα τις ωμοπλάτες προς τα κάτω και στη συνέχεια τραβώντας με τα χέρια.

Η επιστροφή στην αρχική θέση γίνεται με ελεγχόμενο τρόπο τεντώνοντας αρχικά τους αγκώνες και στη συνέχεια αφήνοντας τους ώμους να ανυψωθούν.

Ο κορμός και τα πόδια παραμένουν ακίνητα καθ' όλη τη διάρκεια της κίνησης.

2. Κάμψεις και τάσεις των χεριών με μπάρα από ύπτια κατάκλιση σε οριζόντιο πάγκο (Flat bench press)

Αρχική θέση

Ο δοκιμαζόμενος τοποθετείται ανάσκελα σε επίπεδο πάγκο.

Χρησιμοποιείται η πρώτη λαβή.

Τα χέρια έχουν απόσταση μεταξύ τους μεγαλύτερη από το άνοιγμα των ώμων.

Η μπάρα κρατιέται στο ύψος του στήθους με τους αγκώνες σε έκταση.

Το κεφάλι, η πλάτη και οι γλουτοί βρίσκονται σε επαφή με τον πάγκο.

Τα γόνατα είναι σε κάμψη 90° και τα πέλματα εφάπτονται στο έδαφος.

Κίνηση και τελική θέση

Ο δοκιμαζόμενος χαμηλώνει την μπάρα με ελεγχόμενο τρόπο.

Αφού η μπάρα ακουμπήσει στο στήθος, στη συνέχεια ο δοκιμαζόμενος κάνει έκταση των αγκώνων επιστρέφοντας στην αρχική θέση.

3. Κάμψεις και τάσεις των ποδιών από εδραία θέση σε μηχανήμα (Leg Press)

Αρχική θέση

Ο δοκιμαζόμενος κάθεται στον πάγκο έχοντας την πλάτη, τους γλουτούς και τους ώμους σε επαφή με το πίσω μέρος του πάγκου.

Τα γόνατα βρίσκονται σε κάμψη 90° και τα πέλματα εφάπτονται στην πλατφόρμα.

Τα πόδια είναι ελαφρώς πιο ανοιχτά από το άνοιγμα των ισχίων.

Κίνηση και τελική θέση

Ο δοκιμαζόμενος εκτείνει τα πόδια του με ελεγχόμενο τρόπο μέχρι την πλήρη έκταση χωρίς όμως να «κλειδώσει» τα γόνατα.

Στη συνέχεια επιστρέφει στην αρχική θέση.

Το βάρος θα πρέπει να το αισθάνεται ο δοκιμαζόμενος στο μέσο των πελμάτων και στις φτέρνες.

Η πλάτη, οι γλουτοί και οι ώμοι παραμένουν σε επαφή με το κάθισμα καθ' όλη τη διάρκεια της κίνησης.

4. Κάμψεις και τάσεις των χεριών από εδραία θέση (Seated cable row)

Αρχική θέση

Ο δοκιμαζόμενος ξεκινάει από καθιστή θέση με τον κορμό να σχηματίζει 90° γωνία με τους μηρούς.

Τα γόνατα είναι ελαφρώς λυγισμένα.

Ο κορμός είναι κάθετος και η μέση βρίσκεται ελαφρώς σε υπερέκταση.

Οι αγκώνες βρίσκονται σε έκταση και χρησιμοποιείται η πρώτη λαβή.

Οι ωμοπλάτες είναι χαλαρές.

Στην αρχική θέση θα πρέπει ο δοκιμαζόμενος να αισθάνεται την αντίσταση.

Κίνηση και τελική θέση

Ο δοκιμαζόμενος τραβάει τις λαβές μέχρι αυτές να ακουμπήσουν στο στήθος.

Η έλξη ξεκινάει τραβώντας πρώτα τις ωμοπλάτες και στη συνέχεια κάμπτοντας τους αγκώνες.

Όταν οι λαβές ακουμπήσουν στο στήθος οι ωμοπλάτες είναι ενωμένες και οι αγκώνες είναι ελαφρώς πίσω από την πλάτη.

Η επιστροφή στην αρχική θέση γίνεται τεντώνοντας πρώτα τους αγκώνες και στη συνέχεια αφήνοντας τις ωμοπλάτες.

5. Κάμψεις και τάσεις των χεριών με μπάρα από ύπτια κατάκλιση σε επικλινή πάγκο (Incline bench press)

Αρχική θέση

Ο δοκιμαζόμενος κάθεται σε επικλινή πάγκο.

Το κεφάλι, η πλάτη και οι γλουτοί βρίσκονται σε επαφή με τον πάγκο.

Τα πέλματα εφάπτονται στο έδαφος.

Χρησιμοποιείται η πρώτη λαβή.

Η μπάρα κρατιέται στο ύψος του πάνω μέρους του στήθους με τους αγκώνες σε έκταση.

Τα χέρια έχουν απόσταση μεταξύ τους ελαφρώς μεγαλύτερη από το άνοιγμα των ώμων.

Κίνηση και τελική θέση

Ο δοκιμαζόμενος χαμηλώνει την μπάρα στο πάνω μέρος του στέρνου.
Αφού η μπάρα ακουμπήσει στο πάνω μέρος του στέρνου, στη συνέχεια γίνεται έκταση των αγκώνων επιστρέφοντας στην αρχική θέση.

6. Κάμψεις ποδιών από θέση πρηγής κατάκλισης σε μηχανήμα (Lying knee curl)

Αρχική θέση

Ο δοκιμαζόμενος τοποθετείται σε πρηγή θέση στον πάγκο.
Τα πόδια τοποθετούνται στα αντίστοιχα μαξιλαράκια και ρυθμίζονται έτσι ώστε να βρίσκονται ακριβώς πάνω από τις φτέρνες.

Τελική θέση

Ο δοκιμαζόμενος κάμπει τα γόνατα μέχρι τα μαξιλαράκια να αγγίζουν σχεδόν τους γλουτούς.
Στη συνέχεια επιστρέφει στην αρχική θέση.
Οι κοιλιακοί και οι μηροί βρίσκονται συνεχώς σε επαφή με τον πάγκο.

7. Έλξεις μπάρας προς τα πάνω από όρθια θέση (Barbell upright row)

Αρχική θέση

Ο δοκιμαζόμενος στέκεται όρθιος με τα πόδια ελαφρώς πιο ανοικτά από το άνοιγμα των ισχίων.
Τα γόνατα είναι ελαφρώς λυγισμένα
Ο δοκιμαζόμενος χρησιμοποιεί την πρώτη λαβή και τα χέρια του έχουν απόσταση μεταξύ τους περίπου 15cm.
Οι αγκώνες είναι τεντωμένοι και η μπάρα ακουμπάει ελαφρώς τους μηρούς..
Η πλάτη είναι ίσια και οι ώμοι προς τα πίσω.
Το κεφάλι είναι σε όρθια θέση και ο λαιμός σε ευθεία με την πλάτη..

Κίνηση και τελική θέση

Ο δοκιμαζόμενος τραβάει την μπάρα προς τα πάνω κατα μήκος του σώματος μέχρι το ύψος των ώμων.
Στη συνέχεια επιστρέφει την μπάρα στην αρχική θέση.
Οι αγκώνες παραμένουν πάνω από την μπάρα καθ' όλη τη διάρκεια της κίνησης.
Η μέση και τα πόδια παραμένουν ακίνητα.

8. Εκτάσεις ποδιών από εδραία θέση (Leg extension)

Αρχική θέση

Ο δοκιμαζόμενος κάθεται στο κάθισμα και η πλάτη ακουμπά πίσω.
Τα πόδια τοποθετούνται πίσω από τα μαξιλαράκια στο ύψος των αστραγάλων.
Τα δάκτυλα των ποδιών είναι στραμμένα προς τα εμπρός και τα γόνατα λυγισμένα σε γωνία περίπου 90°.

Κίνηση και τελική θέση

Ο δοκιμαζόμενος εκτείνει τα γόνατα μέχρι την πλήρη έκταση.
Στη συνέχεια κάμπει τα γόνατα για να επιστρέψει στην αρχική θέση.

9. Τάσεις των χεριών προς τα κάτω από όρθια θέση σε μηχανήμα (Two-arm triceps push-downs).

Αρχική θέση

Ο δοκιμαζόμενος στέκεται όρθιος και πιάνει με πρώτη λαβή τη μπάρα.

Οι βραχίονες εφάπτονται στον κορμό και οι αγκώνες είναι τελείως λυγισμένοι..

Κίνηση και τελική θέση

Ο δοκιμαζόμενος, με κίνηση μόνο στην άρθρωση του αγκώνα, εκτείνει τα χέρια έως την πλήρη έκταση. Διατηρώντας τους αγκώνες, τους βραχίονες και τους ώμους σταθερούς, ο δοκιμαζόμενος επαναφέρει τη μπάρα στην αρχική θέση.

