



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ



Τίτλος Ερευνητικής Εργασίας:

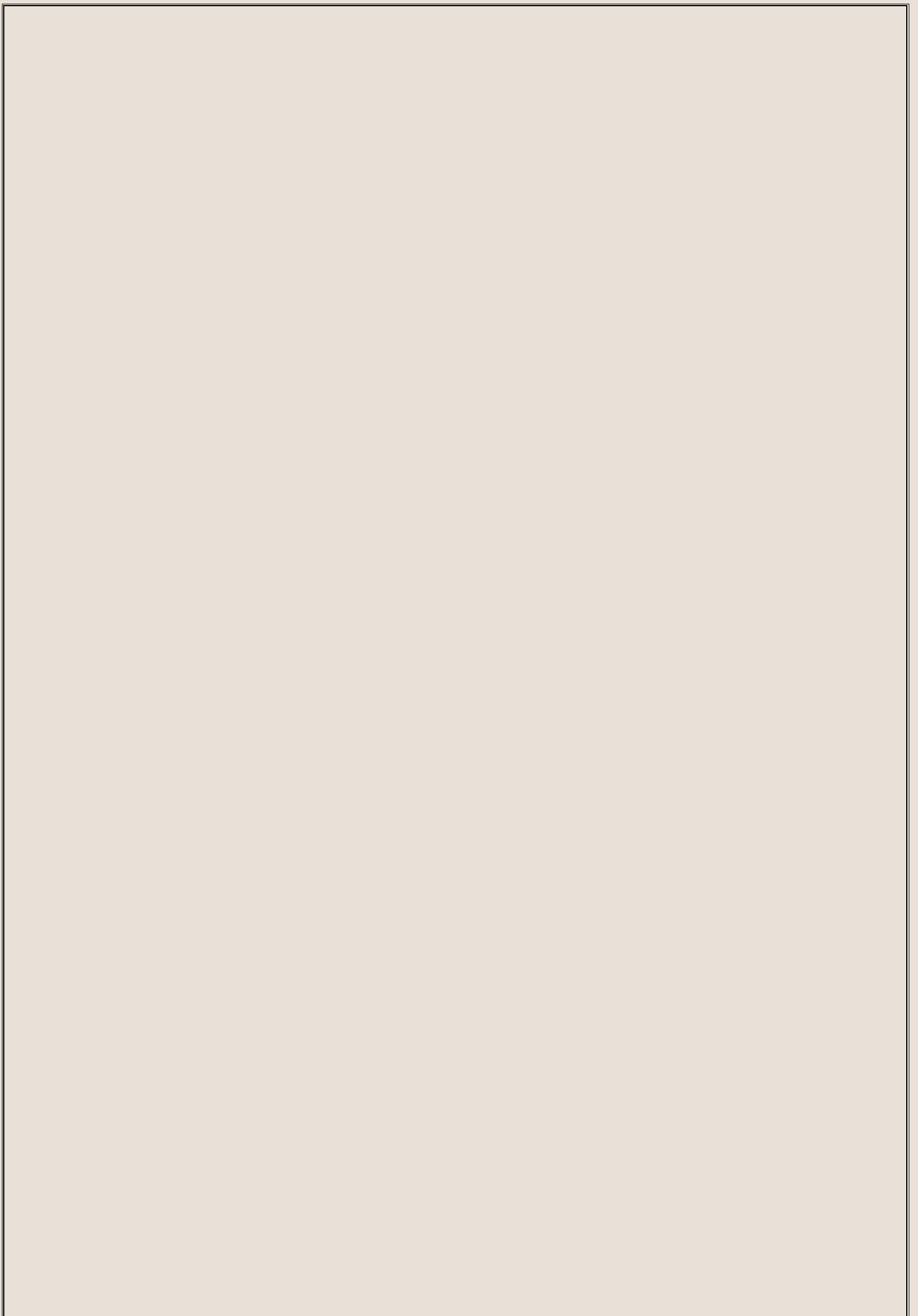
Ανταπόκριση της καρδιακής συχνότητας στην διαλειμματική προπόνηση: επίδραση της κλίσης.

Κοντοπούλου Σεβαστή

ΑΕΜ: 0712102

**Επιστημονική Υπεύθυνη: Καρατζαφέρη Χριστίνα, Αν. Καθηγήτρια,
Σ.Ε.Φ.Α.Α. Π.Θ.**

2016



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	3
ABSTRACT.....	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
<u>Κεφάλαιο 1ο- Εισαγωγή.....</u>	<u>6</u>
1.1 Επίδραση της άσκησης στη φυσιολογία και λειτουργία της καρδιάς.....	6
1.2 Επίδραση της διαλειμματικής άσκησης στη φυσιολογία και λειτουργία της καρδιάς.....	7
1.3 Επίδραση της κλίσης στη Καρδιακή Συχνότητα.....	8
1.4 Σκοπός της μελέτης.....	9
1.5 Σημαντικότητα της μελέτης.....	9
<u>Κεφάλαιο 2ο- Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας.....</u>	<u>10</u>
2.1 Ανατομία της καρδιάς.....	10
2.1.1 Το κυκλοφορικό σύστημα.....	13
2.1.2 Φάσεις κύκλου λειτουργίας της καρδιάς.....	15
2.1.3 Νεύρωση της καρδιάς και αυτόνομο νευρικό σύστημα.....	17
2.1.4 Καρδιακή συχνότητα.....	19
2.1.5 Επίδραση της άσκησης στην καρδιακή συχνότητα.....	19
2.1.6 Μέτρηση της καρδιακής συχνότητας κατά τη διάρκεια της άσκησης.....	20
2.2 Διαλειμματική προπόνηση.....	22

2.2.1 Διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης (HIIT).....	23
2.2.2 Οξεία ανταπόκριση της Καρδιακής Συχνότητας κατά τη διάρκεια της HIIT.....	24
2.2.3 Χρόνιες προσαρμογές της καρδιακής λειτουργίας από την HIIT.....	25
2.3 Η επίδραση της κλίσης στην προπόνηση και τα οφέλη της άσκησης σε ανωφέρεια και κατωφέρεια.....	25
<u>Κεφάλαιο 3ο – Μεθοδολογία</u>	27
3.1 Έγκριση από φορείς.....	27
3.2 Δείγμα	27
3.4 Πρωτόκολλο και μετρήσεις.....	27
3.5 Επεξεργασία δεδομένων και στατιστική ανάλυση.....	29
<u>Κεφάλαιο 4ο – Αποτελέσματα</u>	30
<u>Κεφάλαιο 5ο – Συζήτηση</u>	34
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	37
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	40

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω ειλικρινά την καθηγήτρια μου κ. Καρατζαφέρη Χριστίνα, αναπληρώτρια καθηγήτρια, που παρά τις δυσκολίες, με συμπεριέλαβε στην ερευνητική της ομάδα και με καθοδηγούσε σε όλη τη διάρκεια του προγράμματος με τις πολύτιμες συμβουλές της. Ακόμη, θέλω να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κ. Γιώργο Θεοφιλίδη που μου επέτρεψε να συμμετάσχω στην κύρια ερευνητική του δραστηριότητα για την υποστήριξη της συλλογής δεδομένων και για τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσε σε μένα συντελώντας με αυτόν τον τρόπο στην επίτευξη του στόχου μου, διότι χωρίς τη δική του συνεργασία θα ήταν αδύνατο για μένα να ολοκληρώσω την εργασία μου.

Επιπλέον ευχαριστώ τον κ. Κουτεντάκη για την συμβολή του στην τελική φάση ολοκλήρωσης της εργασίας.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τους συμμετέχοντες της έρευνας που, καθόλη τη διάρκεια της διαδικασίας συλλογής των δεδομένων, συνεργάστηκαν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

ABSTRACT

It is generally accepted that exercise is a way to improve health and the quality of life. However, nowadays living conditions accelerate the rate at which people should move to cope up with everyday demands because of limited free time.

The purpose of this study is to investigate if a high intensity interval training program with positive or negative inclination can cause changes in Heart Rate Variability. 12 active volunteers (3 women), 31.9 ± 6.9 years consented to participate in this study which had ethical approval, divided into two groups: Uphill HSIR (+10%, n=7), and Downhill HSIR (-10%, n=7) and trained twice per week for 8 weeks. Each session included ten 30 s treadmill runs with a work: rest ratio 1:2 at a speed of 90% of $v\text{VO}_2\text{max}$ (speed @ VO_2max , re-assessed at mid-training). During the all training sessions Heart Rate and Perceived Exertion was monitored. The results of the research showed significantly reduced the average heart rate of exercise-recovery of all repetitions in the downhill group and significant correlation between the degree of subjective stress and the average heart rate of exercise – recovery of all repetitions and for both groups at the beginning and at the end of the program. In conclusion, downhill interval training can improve Heart Rate Variability and the Borg scale can be used to assess metabolic load during interval running in inclined surfaces.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Είναι γενικά αποδεκτό πως η άσκηση είναι απαραίτητο μέσο για τη βελτίωση της υγείας και της ποιότητας ζωής. Παρόλα αυτά όμως, οι σύγχρονες συνθήκες διαβίωσης επιταχύνουν τους ρυθμούς με τους οποίους οι άνθρωποι πρέπει να κινούνται για να ανταπεξέλθουν, περιορίζοντας έτσι τον ελεύθερο χρόνο τους. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να διερευνήσουμε αν η χρήση θετικής ή αρνητικής κλίσης στην διάρκεια διαλειμματικής προπόνησης υψηλής ταχύτητας, μπορεί να προκαλέσει προσαρμογές στην καρδιοαναπνευστική λειτουργία. Στην έρευνα η οποία είχε έγκριση από την επιτροπή βιοηθικής, έδωσαν την συγκατάθεση τους και συμμετείχαν 12 υγιείς και δραστήριοι ενήλικες (9 άνδρες, 3 γυναίκες) ηλικίας 32 ± 7 , ύστερα από ενημέρωση που τους έγινε για τους τυχόν κινδύνους που περιλαμβάνονται από την συμμετοχή στο προπονητικό πρόγραμμα. Το πρωτόκολλο προπόνησης ήταν: 10 επαναλήψεις 30sec με 60 sec διάλειμμα (1:2 work to rest ratio), στο 90% της Μέγιστης Αερόβιας Ταχύτητας (MAT), είχε διάρκεια 8 εβδομάδες και εκτελούνταν 2 προπονήσεις ανά εβδομάδα. Σε όλη τη διάρκεια της προπονητικής μονάδας παρακολουθούνταν και καταγράφονταν η καρδιακή συχνότητα (HR) μέσω καρδιοσυχνόμετρου καθώς και η υποκειμενική κόπωση (Rate of Perceived Exertion, RPE) με τη χρήση της κλίμακας Borg. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν σημαντικά μειωμένη την μέση καρδιακή συχνότητα άσκησης – αποκατάστασης στην ομάδα της κατηφόρας και σημαντική συσχέτιση του βαθμού υποκειμενικής κόπωσης και της μέσης καρδιακής συχνότητας άσκησης- αποκατάστασης στην αρχή και στο τέλος του προγράμματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η επίδραση της άσκησης στην φυσιολογία και λειτουργία της καρδιάς.

Είναι γενικά αποδεκτό πως η άσκηση είναι το πλέον κατάλληλο μέσο για τη διατήρηση και βελτίωση της σωματικής και ψυχικής υγείας. Η συστηματική συμμετοχή σε προγράμματα άσκησης μπορεί να βοηθήσει στη πρόληψη και αντιμετώπιση ασθενειών έχοντας ως επακόλουθο την εξασφάλιση της σωματικής ευεξίας. Ιδιαίτερα σημαντική, όμως, είναι η επίδραση της άσκησης στη φυσιολογία και λειτουργία της καρδιάς.

Η άσκηση μπορεί να βελτιώσει σε μεγάλο βαθμό την καρδιαγγειακή και αναπνευστική λειτουργία. Αυτό συμβαίνει γιατί:

- Εξαιτίας των προσαρμογών που προκαλούνται κατά την άσκηση αυξάνεται η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου.
- Με την άσκηση βελτιώνεται η αερόβια ικανότητα και έτσι μειώνεται το κόστος του οξυγόνου. Πιο συγκεκριμένα, μέσω της αερόβιας άσκησης η καρδιά πραγματοποιεί μικρότερο έργο εξασφαλίζοντας έτσι μείωση των καρδιακών παλμών.
- Η άσκηση επιδρά στη καρδιακή λειτουργία ενδυναμώνοντας τον καρδιακό μυ.
- Κατά την άσκηση, λόγω της αυξημένης μυϊκής προσπάθειας, παρουσιάζεται αυξημένη καρδιακή παροχή με αποτέλεσμα την αύξηση της καρδιακής συχνότητας και του όγκου παλμού.

Επίσης, ένα ακόμα θετικό επακόλουθο της άσκησης όσων αφορά τη λειτουργία της καρδιάς είναι πως μειώνει του παράγοντες κινδύνου καθώς:

- Βοηθά στη μείωση της συστολικής και διαστολικής πίεσης.

- Βοηθά στη μείωση των περιφερικών αντιστάσεων με αποτέλεσμα την μέτρια αύξηση της αρτηριακής πίεσης, παρά τη μεγάλη αύξηση της καρδιακής παροχής.
- Στα άτομα που ασκούνται η συχνότητα εμφάνισης καρδιαγγειακών νοσημάτων και στεφανιαίας νόσου είναι μικρότερη.

Η άσκηση μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ποικίλες μορφές και εντάσεις, προσαρμοσμένες πάντα στις ιδιαιτερότητες του ασκούμενου και στους στόχους που έχουμε θέσει. Μια από τις μορφές άσκησης που έπειτα από έρευνες έχει αποδειχθεί ως η πλέον αποτελεσματική είναι η διαλειμματική.

1.2 Η επίδραση της διαλειμματικής άσκησης στη φυσιολογία και λειτουργία της καρδιάς.

Μια από τις βασικότερες μεθόδους προπόνησης για την βελτίωση των καρδιαναπνευστικών λειτουργιών είναι η διαλειμματική προπόνηση η οποία συμβάλλει στη βελτίωση τόσο της αερόβιας όσο και της αναερόβιας ικανότητας. Ως διαλειμματική προπόνηση χαρακτηρίζεται η μορφή άσκησης στην οποία εναλλάσσονται περίοδοι άσκησης με μικρά διαλείμματα ξεκούρασης, είτε ενεργητικά είτε παθητικά. Η ένταση που θα εφαρμόσουμε στο πρόγραμμα εξαρτάται από το επίπεδο του ασκούμενου. Συνήθως η μέγιστης έντασης διαλειμματικές προπονήσεις διαρκούν από τέσσερα έως τριάντα λεπτά. Η διαλειμματική προπόνηση μπορεί να είναι μικρού χρόνου, μεσαίου χρόνου και παρατεταμένου χρόνου. Πολύ μεγάλη βελτίωση της αντοχής παρατηρείται όταν οι προπονήσεις έχουν την μορφή διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης (High Intensity Interval Training, HIIT), και περιλαμβάνουν παρατεταμένες περιόδους άσκησης με ποσοστά κατανάλωσης οξυγόνου πάνω από 90% της VO₂max. Λόγω της αυξημένης κατανάλωσης οξυγόνου αυξάνεται και ο μεταβολικός ρυθμός.

Η διαλειμματική προπόνηση προκαλεί καρδιοαναπνευστικές προσαρμογές που μπορούν να οδηγήσουν στη πλήρη ενεργοποίηση του αερόβιου μηχανισμού για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα απ'ότι η μέθοδος διαρκείας[1]. Εκτός από τη βελτίωση της φυσικής κατάστασης και κατά κύριο λόγο της αερόβιας ικανότητας, βοηθά στον καλύτερο μεταβολισμό της γλυκόζης [2] και την καύση των λιπών [3]. Τέλος, τα πρωτόκολλα διαλειμματικής προπόνησης επιδρούν στη καρδιακή λειτουργία προκαλώντας προσαρμογές και συμβάλλουν στη βελτίωση της VO₂max καθώς όλες οι καρδιοαναπνευστικές παράμετροι ενεργοποιούνται στο μέγιστο βαθμό [4].

Από έρευνες που έχουν γίνει έχει αποδειχθεί ότι τυπική διαλειμματική προπόνηση που πραγματοποιείται σε ένταση 90%-100% της VO₂max είναι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για την βελτίωση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου σε δρομείς μεσαίων αποστάσεων [5].

1.3 Η επίδραση της κλίσης στην καρδιακή συχνότητα.

Ένας αποτελεσματικός τρόπος για την επίτευξη μεγαλύτερων προσαρμογών στην διάρκεια μιας προπονητικής μονάδας είναι η εφαρμογή υψηλών επιβαρύνσεων. Οι επιβαρύνσεις είναι σημαντικό να είναι ανάλογες με τις ικανότητες και τις ιδιαιτερότητες του ασκούμενου. Μια μορφή επιβάρυνσης είναι η κλίση η οποία προκαλεί προσαρμογές σε VO₂max, HR, RPE που ωστόσο ποικίλουν ανάλογα με τη μορφή της, θετική (ανωφέρεια) και αρνητική (κατωφέρεια) κλίση.

Σε έρευνες που έχουν γίνει έχει αποδειχθεί ότι οι μεταβολές των παραπάνω μεταβλητών είναι μεγαλύτερες στην θετική κλίση (ανηφόρα) και μικρότερες στην αρνητική (κατηφόρα). Κατά τη διάρκεια βάρδισης ή τρεξίματος σε κατηφορικό έδαφος η καρδιακή συχνότητα και η πρόσληψη οξυγόνου είχαν μικρότερες μεταβολές συγκριτικά με την

ανηφορική βάρδιση. Αυτό μπορεί να σημαίνει πως σε μια τέτοια προπόνηση οι κινήσεις είναι μικρότερες, συνεπώς γίνεται εξοικονόμηση οξυγόνου καθώς περιορίζεται το κόστος του. Ακόμη στην άσκηση σε αρνητική κλίση η καρδιακή συχνότητα είναι μικρότερη απ'ότι σε οριζόντιο επίπεδο. Τέλος, όσον αφορά το ενεργειακό κόστος, αυξάνεται περισσότερο στην προπόνηση ανηφόρας σε σύγκριση με την κατηφόρα λόγω της αυξημένης ανάγκης του οργανισμού για ενέργεια και οξυγόνωση [6].

1.4 Σκοπός της μελέτης.

Σκοπός της μελέτης είναι να διερευνήσουμε τον τρόπο με τον οποίο επιδρά η κλίση, όταν εφαρμόζεται σε διαλειμματική προπόνηση, στην μεταβολή της καρδιακής συχνότητας.

1.5 Σημαντικότητα της μελέτης.

Η σημαντικότητα της μελέτης έγκειται στο ότι θα διεξαχθούν συμπεράσματα, ιδιαίτερα χρήσιμα, που θα μας δώσουν την δυνατότητα να κατανοήσουμε ποια ακριβώς είναι η επίδραση της κλίσης στην καρδιακή συχνότητα κατά τη διάρκεια μιας διαλειμματικής προπόνησης και ύστερα από μια περίοδο εφαρμογής διαλειμματικής προπόνησης. Με βάση αυτά, μπορεί να μειωθεί ο χρόνος άσκησης έχοντας ως επακόλουθο καλύτερα αποτελέσματα σε μικρότερο χρονικό διάστημα.

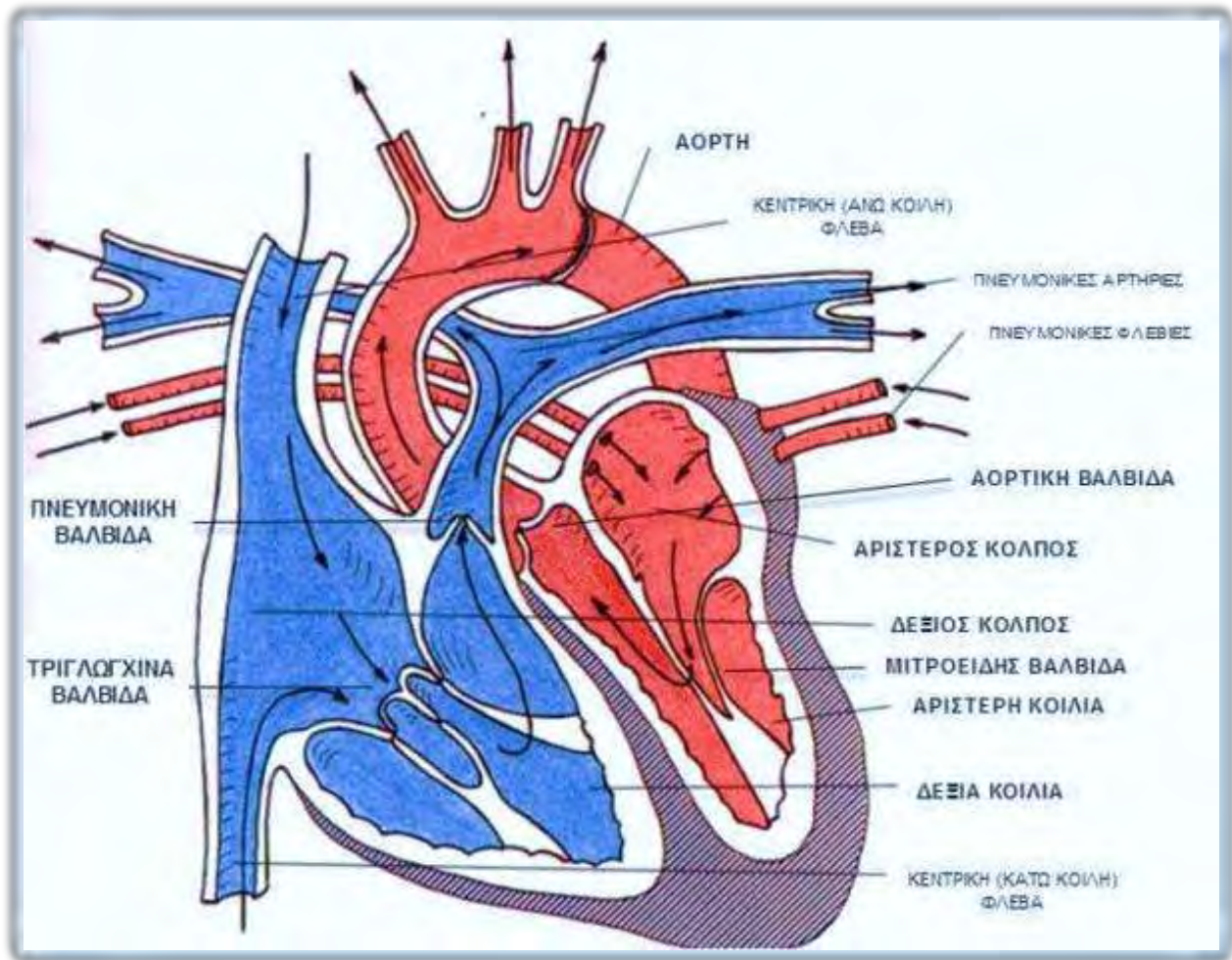
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο - ΑΝΑΣΚΟΠΙΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Η ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ

Το κυκλοφορικό σύστημα αποτελείται από μια κινητήρια αντλία, την καρδιά και από ένα κλειστό σύστημα αγγείων μέσα στο οποίο το κυκλοφορεί το αίμα ακολουθώντας μια κυκλική διαδρομή.

2.1 Η ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ

Η καρδιά είναι ένα μυώδες όργανο, μια μηχανική αντλία του κυκλοφορικού συστήματος που παίρνει το αίμα από τις φλέβες, στις οποίες βρίσκεται σε χαμηλή πίεση και το στέλνει στις αρτηρίες με υψηλή. Αποτελείται από γραμμωτές μυϊκές ίνες, το μέγεθος της είναι περίπου όσο η μπουνιά του κάθε ανθρώπου και το βάρος της είναι διαφορετικό σε κάθε άνθρωπο, ανάλογα και με την ηλικία του. Βρίσκεται ανάμεσα από τους δύο πνεύμονες, πίσω από το στέρνο. Αποστολή της είναι να εφοδιάζει τους ιστούς και τα όργανα του σώματος με οξυγονωμένο αίμα. Η καρδιά είναι από τα σημαντικότερα όργανα του σώματος καθώς εξασφαλίζει την ζωή. Γι' αυτόν τον λόγο πάλει ακατάπαυστα. Η συνεχής λειτουργία της διευκολύνεται από έναν ειδικό τύπο μυός, τον καρδιακό μυ καθώς και από έναν μυϊκό ιστό, το μυοκάρδιο. Το μυοκάρδιο, περιβάλλεται από μια μεμβράνη το περικάρδιο ενώ στο εσωτερικό της περιλαμβάνει επιθηλιακά κύτταρα που αποτελούν το ενδοκάρδιο.



ΣΧΗΜΑ 1.1 ΤΑ ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ

Η ανθρώπινη καρδιά, εσωτερικά, αποτελείται από δύο τμήματα, το δεξιό και το αριστερό καθένα από τα οποία λειτουργεί ως αντλία που προωθεί αίμα. Τα τμήματα αυτά συμπεριλαμβάνουν τέσσερις μυώδεις κοιλότητες, δύο προς τα επάνω με λεπτά τοιχώματα που ονομάζονται **κόλποι** και δύο προς τα κάτω και αριστερά με παχύτερα τοιχώματα που ονομάζονται **κοιλίες**. Οι κόλποι αποτελούν τους θαλάμους μέσα από τους οποίους το αίμα ρέει από τις φλέβες προς τις κοιλίες και χωρίζονται μεταξύ τους μέσω του μεσοκοιλιακού διαφράγματος. Οι κοιλίες είναι οι θάλαμοι που όταν

συστέλλονται δημιουργούν την πίεση που χρειάζεται ώστε το αίμα να προωθηθεί μέσα στα αγγεία της πνευμονικής και συστηματικής λειτουργίας και να επιστρέψει πίσω στην καρδιά. Χωρίζονται μεταξύ τους μέσω του μεσοκοιλιακού διαφράγματος.

Η βασική λειτουργία του δεξιού κόλπου είναι να δέχεται το αίμα από όλα τα μέρη του σώματος μέσω των φλεβών και στη συνέχεια να το προωθεί στην δεξιά κοιλία και από εκεί στην πνευμονική κυκλοφορία με στόχο την οξυγόνωση του. Έπειτα από αυτό, το αίμα προωθείται μέσω των πνευμόνων πίσω στον αριστερό κόλπο και από εκεί στην αριστερή κοιλία. Η αριστερή κοιλία αποτελεί το πιο σημαντικό τμήμα του μυοκαρδίου γιατί με τη συστολή της προωθεί το οξυγονωμένο αίμα σε όλο το σώμα. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται μέσω της αορτής και των αρτηριών.

Μεταξύ των κόλπων και των κοιλιών υπάρχουν **οι βαλβίδες**. Οι βαλβίδες αποτελούνται από μικρά μέρη ιστού και εξασφαλίζουν την κίνηση του αίματος προς μόνο μια κατεύθυνση εμποδίζοντας με αυτόν τον τρόπο την παλινδρόμηση του κατά τη διάρκεια της καρδιακής συστολής. Λειτουργούν με εντελώς παθητικό τρόπο και εξαιτίας αυτού ανοίγουν ή κλείνουν ανάλογα με τη διαφορά πίεσης ανάμεσα στις δύο πλευρές τους.

Τα είδη των βαλβίδων είναι:

- Οι **κολποκοιλιακές βαλβίδες**: η δεξιά ονομάζεται τριγλώχινα και η αριστερή μιτροειδής. Επιτρέπουν τη ροή του αίματος προς μόνο μία κατεύθυνση (από τον κόλπο προς την κοιλία αλλά όχι από την κοιλία προς τον κόλπο).
- Οι **πνευμονικές και αορτικές βαλβίδες (μηννοειδείς)**: Επιτρέπουν στο αίμα να ρέει μέσα στις αρτηρίες στη διάρκεια της κοιλιακής συστολής, αλλά εμποδίζουν το αίμα να κινείται στην αντίθετα όταν οι κοιλίες χαλαρώσουν.

Ο αριστερός κόλπος συνδέεται με την αριστερή κοιλία μέσω της μιτροειδούς βαλβίδας ενώ ο δεξιός κόλπος συνδέεται με τη δεξιά κοιλία μέσω της τριγλώχινας βαλβίδας. Ο μυς και οι βαλβίδες στηρίζονται πάνω σε ένα σκελετό από κολλαγόνο, ο οποίος ονομάζεται *ινώδης σκελετός της καρδιάς*.

Όταν οι βαλβίδες κλείσουν το αίμα που παρεμποδίζεται και δεν μπορεί να επιστρέψει στους κόλπους, διοχετεύεται στις αρτηρίες. Από την αριστερή κοιλία εισέρχεται **στην αορτή**. Η αορτή είναι η σημαντικότερη αρτηρία του σώματος καθώς από εκεί ξεκινούν όλες οι αρτηρίες. Βασική αποστολή της είναι η μεταφορά του οξυγονωμένου αίματος από την καρδιά προς τα υπόλοιπα αγγεία. Από την δεξιά κοιλία εισέρχεται στην **πνευμονική αρτηρία** η οποία είναι το ίδιο σημαντική και συνδέει την καρδιά με τους πνεύμονες. Η πνευμονική αρτηρία περιλαμβάνει δύο μεγάλες φλέβες που μεταφέρουν αίμα στην καρδιά, την άνω και κάτω κοίλη φλέβα.

2.1.1 ΤΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Το κυκλοφορικό σύστημα είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά των θρεπτικών στοιχείων στα κύτταρα και τους ιστούς το σώματος καθώς για την απομάκρυνση των άχρηστων προϊόντων του μεταβολισμού.

Η κυκλοφορία του αίματος στηρίζεται στη συνεχή σύσπαση της καρδιάς και χωρίζεται σε δύο κύκλους: τη συστηματική κυκλοφορία και την πνευμονική.

- Συστηματική κυκλοφορία (μεγάλη): σκοπός της μεγάλης κυκλοφορίας είναι να προωθήσει το οξυγόνο και τα θρεπτικά συστατικά σε όλους τους ιστούς του σώματος.

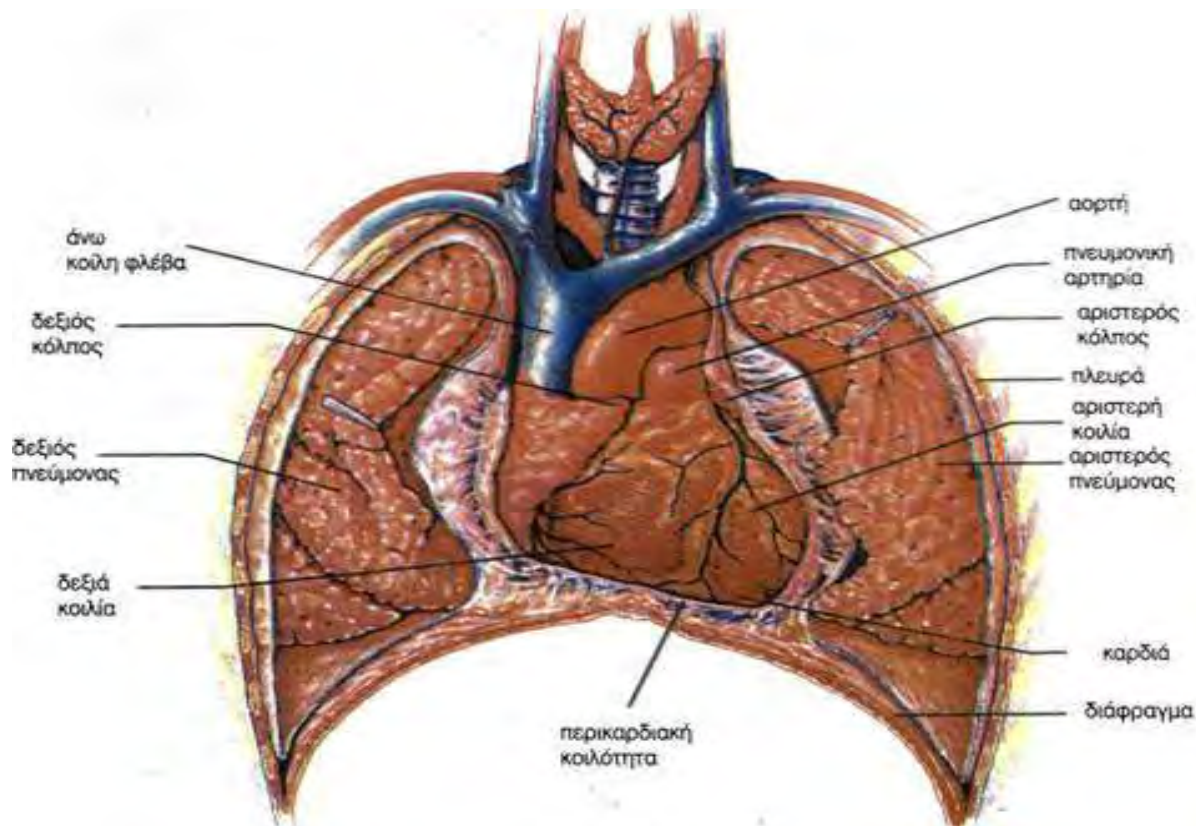
Πιο αναλυτικά:

Το αίμα ξεκινά από την αριστερή κοιλία και αφού εισέλθει στη αορτή μέσω των μεγάλων αγγείων που αυτή περιλαμβάνει, φθάνει σε όλα τα σημεία του σώματος. Όταν το αίμα φθάσει στα τριχοειδή αγγεία τα θρεπτικά συστατικά και το οξυγόνο κατανέμονται στους ιστούς ενώ ταυτόχρονα το διοξείδιο του άνθρακα και τα άχρηστα στοιχεία του μεταβολισμού αποβάλλονται από τους ιστούς και περνάν στο αίμα. Επίσης από τα τριχοειδή αγγεία ξεκινούν και κάποια άλλα μικρά αγγεία, τα φλεβίδια, τα οποία σταδιακά μεγαλώνουν και τελικά ενώνονται και καταλήγουν σε δύο μεγάλα αγγεία, την άνω και κάτω κοίλη φλέβα. Οι συγκεκριμένες φλέβες συλλέγουν το αίμα από όλο το σώμα. Η συστηματική (μεγάλη) κυκλοφορία τελειώνει όταν και οι δύο φλέβες εκβάλλουν στο δεξιό κόλπο.

- Πνευμονική κυκλοφορία (μικρή): η μικρή κυκλοφορία σε αντίθεση με την μεγάλη δεν έχει ως στόχο τον καθαρισμό του αίματος από τις άχρηστες ουσίες.

Πιο αναλυτικά:

Η δεξιά κοιλία μέσω της συστολής της προωθεί το φλεβικό αίμα της μεγάλης κυκλοφορίας, που είναι πλούσιο σε διοξείδιο του άνθρακα, στους πνεύμονες όπου φιλτράρεται, εμπλουτίζεται με οξυγόνο και μεταφέρεται στον αριστερό κόλπο μέσω των πνευμονικών φλεβών.



ΣΧΗΜΑ 1.2 ΤΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

2.1.2 ΦΑΣΕΙΣ ΚΥΚΛΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ

Η καρδιά λειτουργεί σαν κινητήρια αντλία μέσα στο κυκλοφορικό σύστημα και ο κύκλος της χωρίζεται σε δύο κύριες φάσεις: τη συστολή (συστολή των κοιλιών και εξώθηση του αίματος) και τη διαστολή (χαλάρωση των κοιλιών και πλήρωση τους με αίμα). Η καρδιά προωθεί το αίμα που παίρνει από τις κοιλίες κατά τη φάση της συστολής. Η προώθηση του αίματος είναι περιοδική και όχι συνεχόμενη. Μετά την εξώθηση του αίματος, η κοιλία έχει ανάγκη για νέο γέμισμα. Η ανεφοδιασμός γίνεται κατά τη φάση της διαστολής. Η προώθηση του αίματος πάλι πίσω στην κοιλία έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση κάποιων χαρακτηριστικών φαινομένων, όπως για παράδειγμα ο καρδιακός σφυγμός.

Στη *συστολή* των κοιλιών το αίμα προωθείται από την καρδιά και κατευθύνεται προς τις αρτηρίες. Η αυξημένη πίεση που προκαλείται από την συστολή των κοιλιών ονομάζεται συστολική πίεση. Η συστολή της καρδιάς περιλαμβάνει τις εξής φάσεις: ισογχομετρική κοιλιακή συστολή και κοιλιακή εξώθηση.

- **Ισογχομετρική συστολή:** ονομάζεται έτσι γιατί ο κοιλιακός όγκος είναι σταθερός. Σε αυτή τη φάση οι κοιλίες συστέλλονται αλλά όλες οι βαλβίδες της καρδιάς είναι κλειστές. Ο λόγος που δεν έχουμε μείωση του όγκου είναι γιατί δεν εξωθείται καθόλου αίμα. Παρόλα αυτά η πίεση στις δύο κοιλίες αυξάνεται με προοδευτικό ρυθμό και η μορφή της καρδιάς αλλάζει παίρνοντας ένα πιο σφαιρικό σχήμα.
- **Κοιλιακή εξώθηση:** είναι η διαδικασία κατά την οποία όταν η αυξανόμενη πίεση των κοιλιών ξεπεράσει την πίεση της αορτής και της πνευμονικής αρτηρίας τότε οι αντίστοιχες βαλβίδες ανοίγουν και αρχίζει να προωθείται αίμα από τις κοιλίες προς τις αρτηρίες. Οι βαλβίδες κλείνουν και πάλι μόλις η πίεση των κοιλιών, που παρουσιάζει συνεχόμενη πτώση, γίνει μικρότερη από αυτή που επικρατεί στα μεγάλα αγγεία.

Η *διαστολή* ξεκινά μόλις η κοιλιακή συστολή και εξώθηση σταματήσουν. Τότε ο καρδιακός μυς και οι κοιλίες χαλαρώνουν αυξάνοντας έτσι το χώρο για τη συγκέντρωση αίματος από τους κόλπους. Η μειωμένη πίεση που προκύπτει από την χαλάρωση των κοιλιών ορίζεται ως διαστολική πίεση. Η διαστολή της καρδιάς περιλαμβάνει τις εξής φάσεις : ισογχομετρική διαστολή και πλήρωση.

- **Ισογχομετρική διαστολή:** σε αυτή τη φάση η πίεση των κοιλιών ελαττώνεται με ραγδαίο ρυθμό χωρίς όμως να υπάρχει καμιά αλλαγή στον όγκο.

- **Πλήρωση:** κατά τη διάρκεια της πλήρωσης, που πραγματοποιείται όταν η πίεση στους κόλπους είναι μεγαλύτερη από αυτή στις κοιλίες, οι κοιλίες ανεφοδιάζονται πάλι με αίμα το οποίο ρέει από τους κόλπους. Η κοιλιακή πλήρωση έχει σχεδόν ολοκληρωθεί κατά την έναρξη της διαστολής. Αυτό είναι πολύ σημαντικό γιατί εξασφαλίζεται πως η πλήρωση δεν θα παρουσιάσει ελάττωση σε περιόδους κατά τις οποίες η καρδιά χτυπά πολύ γρήγορα συνεπώς και η διάρκεια της διαστολής δε θα μειωθεί.

2.1.3 ΝΕΥΡΩΣΗ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ

Η καρδιακή λειτουργία τροποποιείται από την καρδιακή νεύρωση. Η καρδιά έχει δύο νευρικά κέντρα – τον φλεβόκομβο και τον κολποκοιλιακό κόμβο. Αν και είναι ένα αυτόνομο όργανο, δέχεται ερεθίσματα εξαιτίας των οποίων μπορεί και πάλλεται. Τα ερεθίσματα αυτά στέλνονται από τον φλεβόκομβο και φθάνουν στην καρδιά με τη βοήθεια των νευρικών ινών).

Αυτόνομο νευρικό σύστημα

Η μεταβλητότητα της ΚΣ οφείλεται στον έλεγχο της καρδιάς από αυτόνομο νευρικό σύστημα το οποίο με τη σειρά του διακρίνεται στο συμπαθητικό και το παρασυμπαθητικό. Η καρδιά δέχεται άφθονες συμπαθητικές και παρασυμπαθητικές νευρικές ίνες που αποτελούν κλάδο του μεταγαγγλιακού και πνευμονογαστρικού νεύρου αντίστοιχα [7].

Το συμπαθητικό νευρικό σύστημα κατά τη διέγερση του προκαλεί αύξηση της εγρήγορσης και κατ'επέκταση της καρδιακής συχνότητας. Αυτό οφείλεται στην έκκριση των κατεχολαμινών αδρεναλίνης και νοραδρεναλίνης που προκαλούν αύξηση της

συχνότητας διέγερσης του φλεβόκομβου. Ενεργοποιείται σε περιπτώσεις άμεσου κινδύνου όπως για παράδειγμα στην μείωση της αναπνευστικής επάρκειας. Το συμπαθητικό νευρικό σύστημα μεταφέρει το ερέθισμα για αύξηση του καρδιακού παλμού με την ορμόνη-νευροδιαβιβαστή νορεπινεφρίνη που παίζει σημαντικό ρόλο στην λειτουργία του στεφανοειδούς συστήματος.

Το παρασυμπαθητικό νευρικό σύστημα, αντίθετα, με τη διέγερση του προκαλεί βραδυκαρδία, δηλαδή μείωση της καρδιακής συχνότητας και ελαττώνει τη διέγερση των μυοκαρδιακών ινών που βρίσκονται μεταξύ κόλπων και κοιλιών. Η μείωση αυτή οφείλεται στην απελευθέρωση της ακετυλοχολίνης. Εκτός του άλλων, το παρασυμπαθητικό νευρικό σύστημα είναι υπεύθυνο για τη νεύρωση του φλεβόκομβου, του κολποκοιλιακού κόμβου και μέρος του μυοκαρδίου, με τη βοήθεια των νευρικών ινών του πνευμονογαστρικού νεύρου. Το πνευμονογαστρικό νεύρο ελέγχει την κινητικότητα, συνδέει το στέλεχος του εγκεφάλου με τον φλεβόκομβο στέλνοντας μηνύματα του παρασυμπαθητικού συστήματος που αφορούν στην ελάττωση του καρδιακού ρυθμού, σε αντίθεση με τις ίνες του συμπαθητικού που προκαλούν την εγρήγορση.

Κατά τη διάρκεια μιας δραστηριότητας παρατηρείται προοδευτική αύξηση της καρδιακής συχνότητας που είναι ανάλογη με την ένταση της άσκησης και την πρόσληψη οξυγόνου. Σε άσκηση χαμηλής έντασης η αύξηση των καρδιακών παλμών οφείλεται στην αναστολή των ώσεων του πνευμονογαστρικού νεύρου προς την καρδιά. Αντίθετα, σε υψηλές εντάσεις η αύξηση της καρδιακής συχνότητας που οδηγεί σε ταχυκαρδία οφείλεται στη μειωμένη δράση του παρασυμπαθητικού νευρικού συστήματος και στην ενεργοποίηση του συμπαθητικού.

2.1.4 ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ

Καρδιακή συχνότητα είναι η συχνότητα με την οποία χτυπά η καρδιά, δηλαδή ο αριθμός των καρδιακών παλμών. Η καρδιακή συχνότητα μεταβάλλεται εξαιτίας διαφόρων παραγόντων που την επηρεάζουν (όπως περιβάλλον, δραστηριότητες). Διακρίνεται σε :

- Καρδιακή συχνότητα ηρεμίας: είναι η συχνότητα με την οποία χτυπά η καρδιά ενώ βρισκόμαστε σε κατάσταση ηρεμίας. Η καρδιακή συχνότητα ηρεμίας κυμαίνεται μεταξύ 70-90 παλμών/min, ανάλογα με την ηλικία και την φυσική κατάσταση του ατόμου.
- Καρδιακή συχνότητα άσκησης: είναι η συχνότητα με την οποία χτυπά η καρδιά κατά τη διάρκεια της άσκησης και μπορεί να δώσει σημαντικές πληροφορίες για την ένταση με την οποία δουλεύει. Η Μέγιστη Καρδιακή Συχνότητα άσκησης (ΜΚΣ) είναι, θεωρητικά, το ανώτερο επιτρεπτό όριο με το οποίο μπορεί να δουλέψει η καρδιά ενός ατόμου, αναλογικά με την ηλικία του.

2.1.5 Επίδραση της άσκησης στην καρδιακή συχνότητα.

Η άσκηση επηρεάζει την καρδιακή συχνότητα και προκαλεί σημαντικές προσαρμογές. Ο αριθμός των παλμών κατά την εκτέλεση διάφορων δραστηριοτήτων αυξάνεται λόγω της μείωσης του παρασυμπαθητικού τόνου και της αύξησης της δράσης του συμπαθητικού νευρικού συστήματος. Η παρατεταμένη άσκηση που διαρκεί >30 λεπτά προκαλεί σταδιακή αύξηση της καρδιακής συχνότητας μέχρι την μέγιστη τιμή της σε αντίθεση με τον όγκο παλμού που διατηρείται σε υψηλά αλλά σταθερά επίπεδα [8]. Επίσης είναι πολύ σημαντικό να αναφέρουμε ότι η συστηματική άσκηση οδηγεί σε μείωση των παλμών κατά την ηρεμία προκαλώντας βραδυκαρδία, ενώ κατά τη διάρκεια

δραστηριοτήτων υπομέγιστης έντασης η καρδιακή συχνότητα είναι μικρότερη, συγκριτικά με απροπόνητα άτομα [8]. Ακόμα, πρέπει να τονισθεί ότι μια από τις χρόνιες προσαρμογές της άσκησης όσον αφορά την καρδιακή συχνότητα είναι η μείωση της παραγωγής ερεθισμάτων από τον φλεβόκομβο. Γι'αυτό τον λόγο, ένας αθλητής δρόμων αντοχής για παράδειγμα, έχει χαμηλή καρδιακή συχνότητα που κυμαίνεται από 40-60 σφυγμούς/λεπτό. Κατά την διάρκεια ισομετρικών ασκήσεων, παρουσιάζεται μια σταδιακή αύξηση της καρδιακής συχνότητας που οφείλεται στην αύξηση των περιφερικών αντιστάσεων των αγγείων και της ενδοθωρακικής πίεσης.

Οι προσαρμογές της καρδιακής συχνότητας που επιτυγχάνονται με τη συστηματική άσκηση είναι ίδιες και για τα δύο φύλα. Ανεξάρτητα από αυτό, σε πλεονεκτική θέση βρίσκονται τα άτομα που ασχολούνται με την άσκηση από μικρή ηλικία. Ωστόσο παρατηρούνται διαφοροποιήσεις ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε αθλήματος.

2.1.6 Μέτρηση της Καρδιακής Συχνότητας κατά την άσκηση.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι που μπορούν να υπολογίζουν με ακρίβεια την καρδιακή συχνότητα κατά την διάρκεια της άσκησης. Μια αποτελεσματική μέθοδος μέτρησης είναι η τοποθέτηση ηλεκτροδίων σε συγκεκριμένα σημεία του στήθους. Τα ηλεκτρόδια λαμβάνουν όλα τα ερεθίσματα και μπορούν να ανιχνεύσουν με σχετική ακρίβεια την δραστηριότητα της καρδιάς κατά την άσκηση. Η απεικόνιση γίνεται είτε σε παλμογράφο ή μπορεί να αποθηκευτεί απλά σε έναν υπολογιστή.

Μια άλλη εξίσου αξιόπιστη και ιδιαίτερα εύχρηστη μέθοδος καταγραφής της καρδιακής συχνότητας είναι η *τηλεμετρική ηλεκτροκαρδιογραφία*. Για αυτό τον τύπο μέτρησης χρησιμοποιούμε:

- μια ελαστική ζώνη, που έχουμε μουςκέψει, η οποία έχει ενσωματωμένα ηλεκτρόδια και έναν ηλεκτρονικό πομπό και τοποθετείται γύρω από το στήθος.
- έναν δέκτη μικροϋπολογιστή ο οποίος φοριέται στο χέρι σαν ρολόι.

Η μέτρηση γίνεται ως εξής:

Ο πομπός που είναι τοποθετημένος στη ζώνη υπολογίζει τη καρδιακή συχνότητα ανιχνεύοντας αρχικά την δραστηριότητα της καρδιάς και στέλνοντας, στη συνέχεια, το μήνυμα στο ρολόι. Σε αυτή την ασύρματη μετάδοση παίζει πολύ σημαντικό ρόλο το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που δημιουργείται από το νερό που έχει διαποτίσει τόσο την ζώνη όσο και το σώμα (στη περιοχή του στήθους). Τέλος, η καρδιακή συχνότητα απεικονίζεται στο ψηφιακό ρολόι και μπορεί να αποθηκευτεί στη μνήμη του για να εξετασθεί αργότερα. Το σύστημα της τηλεμετρικής ηλεκτροκαρδιογραφίας πέρα από το γεγονός πως είναι εύκολο στη χρήση του, χαρακτηρίζεται από αξιοπιστία και ακρίβεια. Χρησιμοποιείται σε υπαίθρια άσκηση, στον αγωνιστικό αθλητισμό, σε αρχάριους αθλητές, και μπορεί να δώσει πολλές σημαντικές πληροφορίες για τη δραστηριότητα της καρδιάς.

Η καταγραφή της καρδιακής συχνότητας κατά τη διάρκεια της άσκησης, ανεξάρτητα από την μέθοδο που χρησιμοποιείται, μπορεί να αποτυπώσει φυσιολογικές συσχετίσεις που είναι χρήσιμες για την προπόνηση.

Ένας άλλος, εύκολος τρόπος υπολογισμού των καρδιακών παλμών είναι μέσω της *ψηλαφιστικής μεθόδου*. Οι σφυγμοί μετριοούνται είτε από τον καρπό (κερκιδική αρτηρία) είτε από τον λαιμό (κρωτιδική αρτηρία). Η μέτρηση ξεκινά από τη στιγμή που αισθανόμαστε το σφυγμό και διαρκεί για 60". Υπάρχουν παραλλαγές όπως η μέτρηση

για 10'' και πολλαπλασιασμός του νούμερου που προκύπτει με τον αριθμό 6 και ο πιο γρήγορος και ασφαλής τρόπος υπολογισμού κατά τη διάρκεια της άσκησης που αποτελείται από μέτρηση 6'' και προσθήκη ενός μηδενικού στο αποτέλεσμα που προκύπτει.

Ο κερκιδικός σφυγμός εντοπίζεται ακολουθώντας τη γραμμή του αντίχειρα και τοποθετώντας τον δείκτη και τον μέσο 2cm πάνω από την ένωση με τον καρπό. Πιέζοντας απαλά με αυτά τα δύο δάχτυλα στο σημείο που αναφέραμε, ξεκινάμε να μετράμε με έναν από τους παραπάνω τρόπους. Με τον ίδιο τρόπο, εντοπίζοντας τον σφυγμό ακριβώς κάτω από τη γνάθο, πραγματοποιείται η καρωτιδική μέτρηση. Για την ψηλάφηση, και στις δύο περιπτώσεις χρησιμοποιούμε και τα δύο δάχτυλα.

2.2 Διαλειμματική προπόνηση.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, μια από τις αποτελεσματικότερες μεθόδους άσκησης για την βελτίωση της αερόβιας ικανότητας είναι η διαλειμματική προπόνηση [9, 10]. Ως διαλειμματική προπόνηση ορίζεται η διαδοχική εναλλαγή φάσεων άσκησης και μικρών διαλειμμάτων [11]. Τα διαλείμματα μπορεί να είναι είτε ενεργητικά (χαμηλής έντασης άσκηση) είτε παθητικά. Σε έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, έχει αποδειχθεί ότι η διαλειμματική προπόνηση προκαλεί αύξηση της αρτηριακής πίεσης με αποτέλεσμα την υπερτροφία της καρδιάς και την διεύρυνση των κοιλιών με επακόλουθο την αύξηση του όγκου παλμού. Ακόμα, μέσω της διαλειμματικής προπόνησης, διατηρείται ενεργοποιημένος ο αερόβιος μηχανισμός παραγωγής ενέργειας για πολύ μεγαλύτερο χρονικό διάστημα σε σύγκριση με τη μέθοδο διαρκείας παρατείνοντας έτσι την παραμονή στην VO₂max. Ανάλογα με τη διάρκεια την άσκησης και της επακόλουθης ηρεμίας ενεργοποιούνται ο αερόβιος ή ο αναερόβιος μηχανισμός παραγωγής ενέργειας.

Γίνεται λοιπόν εύκολα κατανοητό ότι η συγκεκριμένη μορφή προπόνησης μπορεί να συμμετάσχει στη βελτίωση τόσο της αερόβιας όσο και της αναερόβιας ικανότητας. Η διαλειμματική προπόνηση διακρίνεται σε μικρής, μεσαίας και υψηλής έντασης άσκησης. Τα χαρακτηριστικά προσδιορισμού της έντασης είναι τα εξής: η αναλογία της άσκησης και του διαλείμματος, επιβάρυνση που θα εφαρμοσθεί καθώς και η χρονική διάρκεια της προπόνησης. Με βάση το χρόνο που διαρκούν τα διαστήματα της άσκησης, η διαλειμματική μέθοδος διακρίνεται σε μικρού, μεσαίου και μακρού χρόνου. Ο χρόνος και η ένταση της άσκησης προσαρμόζονται σε κάθε προπόνηση ανάλογα με τα ατομικά χαρακτηριστικά και τις απαιτήσεις του κάθε ασκούμενου. Στη διαλειμματική προπόνηση μικρού χρόνου η άσκηση διαρκεί από 6sec έως 30sec ενώ η ένταση είναι συνήθως ίση με τη VO_{2max} (πχ 15 επαναλήψεις των 30sec με ενδιάμεσο διάλειμμα 30sec σε ένταση 100% της VO_{2max}). Όσον αφορά τη διαλειμματική προπόνηση μεσαίου χρόνου, η άσκηση διαρκεί 2 με 4min ενώ το διάλειμμα είναι ανάλογο (πχ 5 επαναλήψεις των 3 min με 3 λεπτά διάλειμμα). Όσον αφορά την ένταση, είναι περίπου στο 90%-100% της VO_{2max} . Τέλος η διαλειμματική μακρού χρόνου περιλαμβάνει διαστήματα άσκησης, διάρκειας 5-8min με ένταση 90% της VO_{2max} .

2.2.1 Διαλειμματική προπόνηση Υψηλής έντασης (HIIT).

Στη διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης εφαρμόζονται κατά κύριο λόγο πρωτόκολλα μικρού χρόνου, 6-30 sec, με ανάλογο διάλειμμα και εντάσεις που κυμαίνονται περίπου στο 100% της VO_{2max} . Η HIIT μπορεί να προκαλέσει παρόμοιες προσαρμογές στον αερόβιο μεταβολισμό με πολύ μικρή επένδυση σε χρόνο, σε σχέση με τη μέθοδο διάρκειας η οποία απαιτεί μεγάλη χρονική διάρκεια [3]. Είναι πολύ σημαντικό να αναφέρουμε ότι για την βελτίωση του αναερόβιου μηχανισμού

εφαρμόζονται υψηλές εντάσεις κατά τη διάρκεια της προπόνησης [12]. Όμως η εφαρμογή τέτοιων ερεθισμάτων έχει ως επακόλουθο την ταυτόχρονη ενεργοποίηση και του αερόβιου μηχανισμού. Συνεπώς, η χρήση της HIIT έχει ως στόχο, ανάλογα με την ένταση, την επιβάρυνση και το διάλειμμα που θα εφαρμοσθεί, τη βελτίωση τόσο του αερόβιου όσο και του αναερόβιου μηχανισμού παραγωγής ενέργειας.

Έπειτα από μελέτες, έχει διατυπωθεί η άποψη ότι η διαλειμματική άσκηση μικρού χρόνου (6-30sec) και υψηλής έντασης επιτρέπει στην καρδιαγγειακή λειτουργία να ενεργοποιηθεί στο μέγιστο βαθμό. Γι' αυτό το λόγο η χρήση της μπορεί να οδηγήσει στη βελτίωση της απόδοσης των δρομέων μεσαίων και μεγάλων αποστάσεων.

Όσον αφορά την υγεία της καρδιάς, η υψηλής έντασης διαλειμματική προπόνηση μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την αυτόνομη λειτουργία της. Αυτό οφείλεται στην αύξηση της καρδιακής πνευμονογαστρικής λειτουργίας και στη μείωση της δράσης του συμπαθητικού νευρικού συστήματος [13].

2.2.2 Οξεία ανταπόκριση της καρδιακής συχνότητας κατά τη διάρκεια της HIIT.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η HIIT πραγματοποιείται με τη χρήση εντάσεων περίπου στο 100% της VO₂max. Με την έναρξη της άσκησης παρατηρείται αύξηση της καρδιακής συχνότητας λόγω μείωσης της δράσης του παρασυμπαθητικού τόνου και αύξηση του συμπαθητικού νευρικού συστήματος. Η ενεργοποίηση του συμπαθητικού τόνου αυξάνει την τα επίπεδα συγκέντρωσης των επινεφρικών κατεχολαμινών με αποτέλεσμα την περαιτέρω αύξηση της ΚΣ. Παράλληλα με την καρδιακή συχνότητα παρατηρείται και αύξηση του όγκου παλμού.

Με την διακοπή της άσκησης, συμπεριλαμβανομένου και τη διάρκεια του διαλείμματος, παρατηρείται μείωση του συμπαθητικού τόνου και αύξηση δράσης του παρασυμπαθητικού νευρικού συστήματος, προκαλώντας την μείωση της καρδιακής συχνότητας.

Συμπερασματικά, η καρδιακή συχνότητα παρουσιάζει απότομη αύξηση κατά την έναρξη της άσκησης (κυρίως στα πρώτα 5 λεπτά) και επαναφορά σε πιο φυσιολογικά επίπεδα κατά τη παύση-διακοπή της άσκησης [14].

2.2.3 Χρόνιες προσαρμογές της καρδιακής λειτουργίας από την άσκηση.

Εκτός από την οξεία ανταπόκριση, η HIIT μπορεί να προκαλέσει και χρόνιες προσαρμογές που είναι σημαντικές για τη βελτίωση της υγείας και της ποιότητας ζωής. Αρχικά, η συστηματική διαλειμματική προπόνηση υψηλή έντασης βοηθά στη βελτίωση της αερόβιας ικανότητας όπως επίσης και στη μείωση της αρτηριακής πίεσης. Επιπρόσθετα συνεπάγονται δομικές μεταβολές της καρδιάς όπως η πτώση της καρδιακής συχνότητας τόσο στην ηρεμία όσο και στην άσκηση (βραδυκαρδία) λόγω μειωμένης δράσης του συμπαθητικού τόνου και επικράτηση του παρασυμπαθητικού νευρικού συστήματος [15].

2.3 Η επίδραση της κλίσης στην προπόνηση- οφέλη της άσκησης σε ανωφέρεια και κατωφέρεια.

Για την επίτευξη μεγαλύτερων προσαρμογών κατά τη διάρκεια μιας προπονητικής μονάδας γίνεται χρήση επιβαρύνσεων διαφόρων μορφών. Οι επιβαρύνσεις πρέπει να είναι πάντα προσαρμοσμένες στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε ασκούμενου. Ως

μια μορφή επιβάρυνσης μπορεί να χαρακτηριστεί και η κλίση του εδάφους (ανηφόρα-κατηφόρα).

Η κλίση μπορεί να προκαλέσει σημαντικές προσαρμογές σε VO₂max, HR, RPE που διαφοροποιούνται ανάλογα με τη μορφή της, θετική κλίση (ανηφόρα) και αρνητική κλίση (κατηφόρα). Σύμφωνα με έρευνες έχει αποδειχτεί ότι η προπόνηση σε ανηφόρα, μπορεί να επιφέρει πιο θετικά αποτελέσματα σε σχέση με μια προπόνηση σε κατηφορικό έδαφος. Ωστόσο, αν και η άσκηση σε αρνητική κλίση είναι πιο εύκολη, οι ασκούμενοι σε όλη τη διάρκεια ήταν πολύ πιο προσεκτικοί και συγκεντρωμένοι [16]. Η άσκηση σε κατηφόρα απαιτεί μικρότερο ενεργειακό κόστος συγκριτικά με την ανηφόρα, εξοικονομώντας με αυτό τον τρόπο ενέργεια και οξυγόνο. Το τρέξιμο σε κατηφόρα που εκτελέστηκε με συνθήκες μειωμένου μυϊκού γλυκογόνου προκάλεσε μειωμένη απόκριση της γλυκόζης του αίματος και μια αύξηση του γαλακτικού οξέος στο αίμα. Αυτό εξηγεί ότι οι δρομείς κινητοποιούν περισσότερους ενεργειακούς πόρους σε ανωφέρεια παρά σε κατωφέρεια [6]. Συμπερασματικά θα λέγαμε ότι μια προπονητική μονάδα της οποίας η επιβάρυνση είναι αυξημένη λόγω της κλίσης του εδάφους, μπορεί να ωφελήσει τον ασκούμενο, επιβαρύνοντας την καρδιοαναπνευστική λειτουργία του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο –ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Έγκριση από φορείς.

Η διεξαγωγή της συνολικής έρευνας (μέρος της οποίας απέδωσε τα δεδομένα της παρούσης εργασίας) έλαβε έγκριση από την Εσωτερική Επιτροπή Δεοντολογίας της ΣΕΦΑΑ του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με κωδικό 942 και η συλλογή δεδομένων έγινε με την συνδρομή και υπό την επίβλεψη των διδασκόντων Θεοφιλίδη, Χ. Καρατζαφέρη. Όλη η διαδικασία έλαβε χώρα στις εγκαταστάσεις της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού Θεσσαλίας και συγκεκριμένα στο Κέντρο Έρευνας & Αξιολόγησης της Φυσικής Κατάστασης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

3.2 Δείγμα.

Στην έρευνα έλαβαν μέρος 14 υγιείς και σωματικά δραστήριοι ενήλικες (11 άνδρες, 3 γυναίκες). Η ηλικία τους, το σωματικό βάρος και το ύψος τους ήταν 31.9 ± 7 χρόνια (Μ.Ο \pm Τ.Α), 79.6 ± 18 kg, 180 ± 3 cm. Στην πρώτη τους επίσκεψη στο εργαστήριο, οι συμμετέχοντες έλαβαν τις απαραίτητες γνώσεις σχετικά με τη μεθοδολογία της έρευνας, πληροφορήθηκαν για τους κινδύνους που συμπεριλαμβάνονται στη διαδικασία εκτέλεσης του πρωτοκόλλου και στη συνέχεια υπέγραψαν το σχετικό έντυπο συναίνεσης που τους δόθηκε.

3.3 Πρωτόκολλο και μετρήσεις.

Όλοι οι συμμετέχοντες, πριν την έναρξη της προπονητικής περιόδου επισκέφθηκαν το εργαστήριο 4 ημέρες (με 3-7 ημέρες ανάπαυσης μεταξύ τους) για την πραγματοποίηση των απαραίτητων μετρήσεων. Όλες οι μετρήσεις και οι δοκιμασίες διεξήχθησαν σε κατάσταση ξεκούρασης και με την ακόλουθη σειρά. Στους εθελοντές αρχικά μετρήθηκαν

τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά, εκτέλεσαν δοκιμασία μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}) και υπολογίστηκε η Μέγιστη Αερόβια Ταχύτητα (MAT). Το πρωτόκολλο για τον προσδιορισμό της VO_{2max} ήταν το ακόλουθο: αφού θέσαμε μια αρχική εξατομικευμένη ταχύτητα για κάθε συμμετέχοντα για το πρώτο στάδιο των τριών λεπτών, στη συνέχεια η ταχύτητα αυτή αυξάνονταν κατά 2χλμ/ώρα κάθε τρία λεπτά μέχρι να ολοκληρωθούν τα τέσσερα στάδια των τριών λεπτών. Έπειτα από αυτό η ταχύτητα αυξάνονταν κατά 1χλμ/ώρα κάθε δύο λεπτά μέχρι εξαντλήσεως. Στο τέλος κάθε σταδίου των τριών λεπτών, πραγματοποιούνταν αιμοληψία με τρύπημα του δακτύλου του δοκιμαζομένου και υπολογίζονταν η συγκέντρωση γαλακτικού οξέος. Αν η συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο τέλος του τέταρτου σταδίου ήταν λιγότερη από 4mmol/l, τότε προσθέτονταν ένα πέμπτο στάδιο.

Ο καρδιακή συχνότητα παρακολουθούνταν μέσω καρδιοσυχνόμετρου (Polar watch RS 800CX PTE) σε όλη τη διάρκεια των προπονητικών συνεδριών. Ο εκπνεόμενος αέρας μετριόταν σε κάθε αναπνοή μέσω ενός αναλυτή αερίων (CareFusion Vmax encore 29) και στη συνέχεια έγινε καταγραφή κατά μέσο όρο κάθε 20sec. Στη συνέχεια, με τυχαίο τρόπο χωρίστηκαν σε 2 ομάδες (ανηφόρα -κατηφόρα). Η πρώτη ομάδα την 3η ημέρα πραγματοποίησε δοκιμασία τρεξίματος μέχρι εξάντλησης στην Μέγιστη Αερόβια Ταχύτητα (MAT) στον διάδρομο. Ύστερα από αποκατάσταση 3-5 ημερών έγινε έναρξη του προπονητικού προγράμματος. Οι ασκούμενοι έτρεχαν 10 επαναλήψεις στο 90% της MAT. Η κάθε επανάληψη είχε διάρκεια 30 δευτερόλεπτα και ακολουθούσε παθητική αποκατάσταση πάνω στον διάδρομο διάρκειας ενός λεπτού. Η καρδιακή συχνότητα παρακολουθούνταν μέσω καρδιοσυχνόμετρου σε όλη τη διάρκεια της δοκιμασίας. Στην συνέχεια υπολογίστηκε η μέση καρδιακή συχνότητα για κάθε επανάληψη άσκησης και

αποκατάστασης (συνολική διάρκεια 90 δευτερόλεπτα). Επιπλέον, στο τέλος κάθε επανάληψης γινόταν καταγραφή της υποκειμενικής κόπωσης με την χρήση 20βάθμιας κλίμακας Borg. Η διάρκεια του προγράμματος ήταν 8 εβδομάδες, με 2 προπονήσεις ανά εβδομάδα και τουλάχιστον 1 ημέρα ανάπαυλα ανάμεσα στις προπονήσεις.

3.4 Επεξεργασία δεδομένων και στατιστική ανάλυση.

Οι υπολογισμοί έγιναν με τη χρήση του SPSS.

Χρησιμοποιήθηκε student's t-test για ανεξάρτητα δείγματα για τον έλεγχο της διαφοράς στην μεταβολή της καρδιακής συχνότητας (αρχική καρδιακή συχνότητα – τελική καρδιακή συχνότητα) για κάθε μια επανάληψη ανάμεσα στην πρώτη και στην τελευταία προπόνηση.

Χρησιμοποιήθηκε student's t-test για εξαρτημένα δείγματα (ομάδα ανηφόρας, ομάδα κατηφόρας), για τον έλεγχο της διαφοράς στην καρδιακή συχνότητα ανάμεσα στις επαναλήψεις της πρώτης και της τελευταίας προπόνησης.

Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση συσχέτισης Pearson's r, για να εξεταστεί η σχέση ανάμεσα στην καρδιακή συχνότητα και τον βαθμό υποκειμενικής κόπωσης.

Για κάθε μέτρηση, το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0.05$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

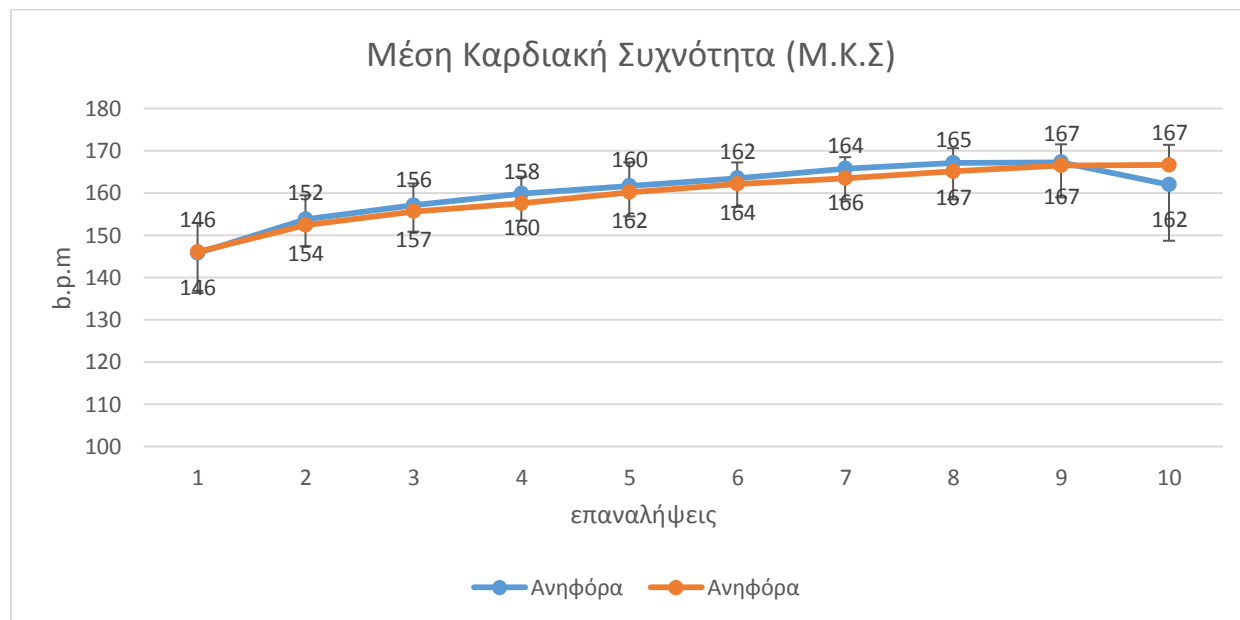
Η δοκιμασία t-test για ανεξάρτητα δείγματα έδειξε ότι υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στην μεταβολή της καρδιακής συχνότητας στην πρώτη και την τελευταία προπόνηση $t(18) = -9.75$, $p < 0.001$. Η ομάδα της κατηφόρας είχε μειωμένη μέση καρδιακή συχνότητα (M.O= -11,30, T.A= 2,79) σε σύγκριση με την ομάδα της ανηφόρας (M.O= 0,60, T.A= 2,06).

Η δοκιμασία t-test για εξαρτημένα δείγματα έδειξε ότι υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά της μέσης καρδιακής συχνότητας στην πρώτη και την τελευταία προπόνηση μόνο για την ομάδα της κατηφόρας, $t(9) = 14.000$, $p < 0.001$. Η ομάδα της κατηφόρας είχε μειωμένη μέση καρδιακή συχνότητα στην τελευταία προπόνηση σε κάθε επανάληψη σε σύγκριση με την πρώτη προπόνηση: επανάληψη 1: pre M.O= 131 ± 19 , post M.O= 116 ± 10 , επανάληψη 2: pre M.O= 127 ± 20 , post M.O= 112 ± 11 , επανάληψη 3: pre M.O= 128 ± 17 , post M.O= 114 ± 10 , επανάληψη 4: pre M.O= 127 ± 18 , post M.O= 117 ± 11 , επανάληψη 5: pre M.O= 127 ± 17 , post M.O= 117 ± 10 , επανάληψη 6: pre M.O= 128 ± 18 , post M.O= 120 ± 8 , επανάληψη 7: pre M.O= 129 ± 19 , post M.O= 119 ± 8 , επανάληψη 8: pre M.O= 129 ± 18 , post M.O= 120 ± 7 , επανάληψη 9: pre M.O= 128 ± 18 , post M.O= 117 ± 14 , επανάληψη 10: pre M.O= 128 ± 17 , post M.O= 118 ± 13 .

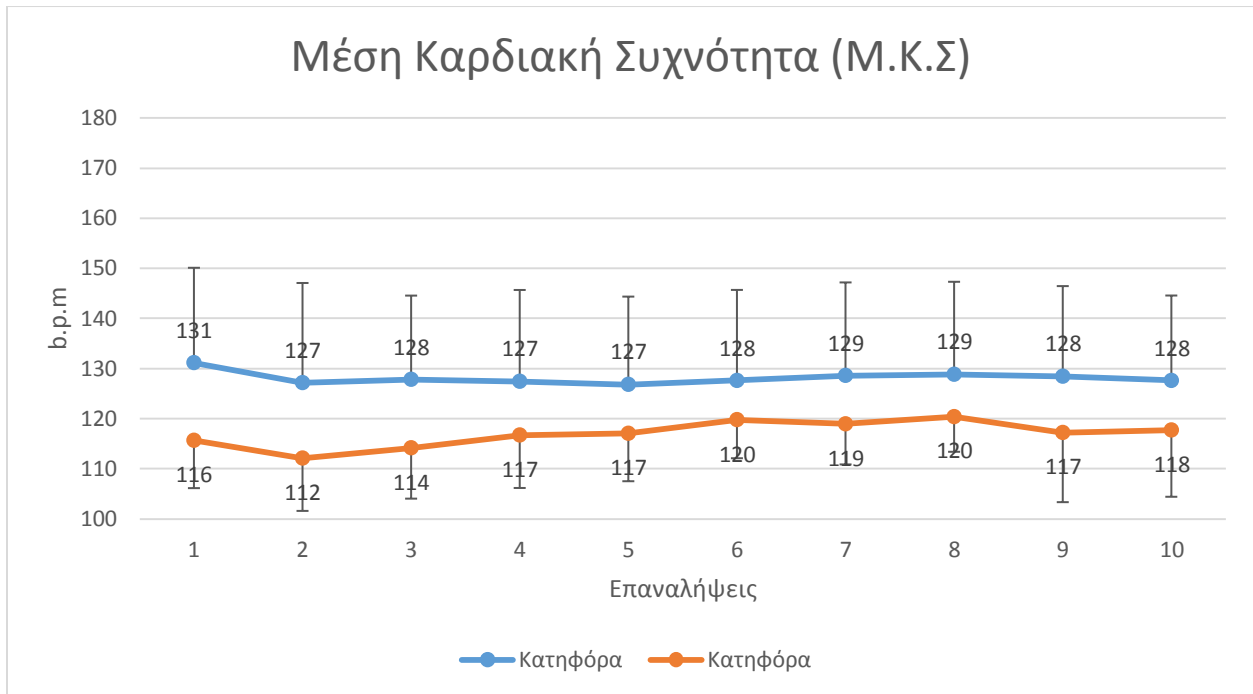
Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση συσχέτισης για να εξεταστεί η σχέση μεταξύ της μέσης καρδιακής συχνότητας για κάθε επανάληψη και η υποκειμενική κόπωση στην πρώτη και στην τελευταία προπόνηση. Τα αποτελέσματα έδειξαν πολύ υψηλή θετική σχέση μεταξύ της μέσης καρδιακής συχνότητας και της υποκειμενικής κόπωσης τόσο στην πρώτη προπόνηση $r=0.98$, $p < 0.01$, όσο και στην τελευταία, $r= 0.96$, $p < 0.01$ και για τις δύο ομάδες.

Ανηφόρα: επανάληψη 1: pre M.O= 11 ± 4, post M.O= 10 ± 3, επανάληψη 2: pre M.O= 12 ± 3, post M.O= 11 ± 3, επανάληψη 3: pre M.O= 13 ± 2, post M.O= 12 ± 3, επανάληψη 4: pre M.O= 14 ± 2, post M.O= 13 ± 3, επανάληψη 5: pre M.O= 15 ± 2, post M.O= 14 ± 3, επανάληψη 6: pre M.O= 16 ± 2, post M.O= 14 ± 3, επανάληψη 7: pre M.O= 16 ± 2, post M.O= 15 ± 3, επανάληψη 8: pre M.O= 16 ± 3, post M.O= 15 ± 3, επανάληψη 9: pre M.O= 16 ± 3, post M.O= 16 ± 3, επανάληψη 10: pre M.O= 16 ± 3, post M.O= 16 ± 2.

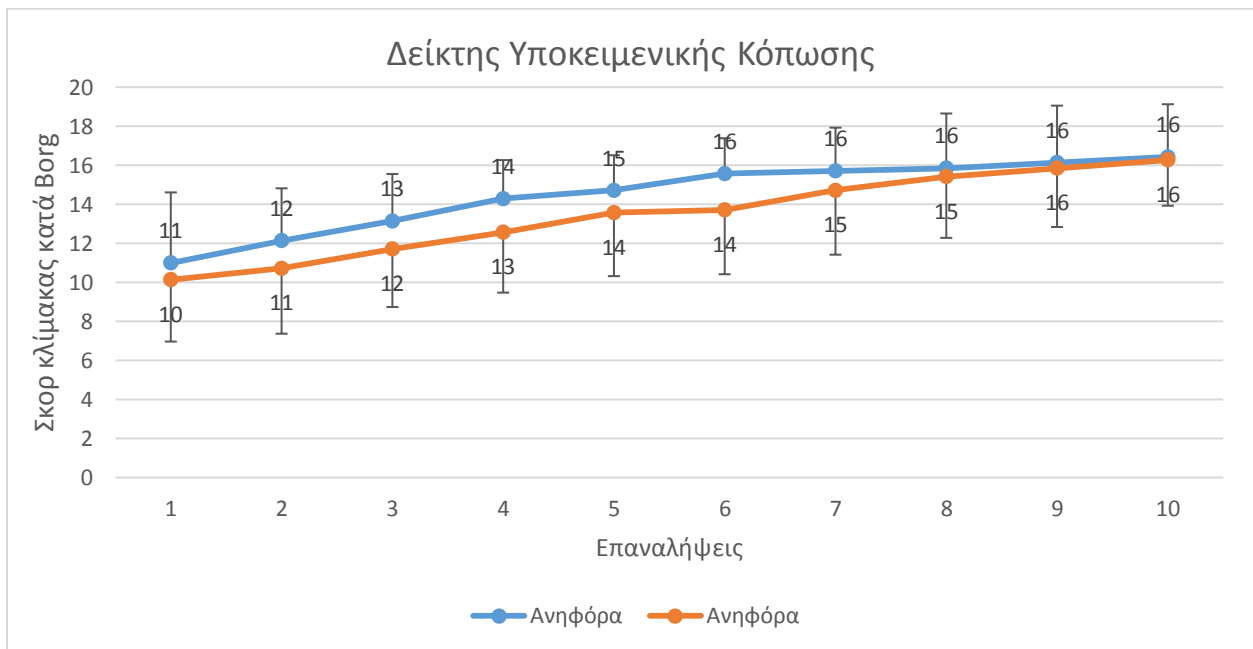
Κατηφόρα: επανάληψη 1: pre M.O= 8 ± 1, post M.O= 8 ± 3, επανάληψη 2: pre M.O= 7 ± 1, post M.O= 8 ± 3, επανάληψη 3: pre M.O= 8 ± 1, post M.O= 6 ± 4, επανάληψη 4: pre M.O= 8 ± 1, post M.O= 8 ± 3, επανάληψη 5: pre M.O= 8 ± 2, post M.O= 8 ± 3, επανάληψη 6: pre M.O= 8 ± 2, post M.O= 8 ± 3, επανάληψη 7: pre M.O= 8 ± 2, post M.O= 8 ± 3, επανάληψη 8: pre M.O= 8 ± 2, post M.O= 8 ± 3, επανάληψη 9: pre M.O= 8 ± 2, post M.O= 8 ± 3, επανάληψη 10: pre M.O= 8 ± 2, post M.O= 9 ± 3.



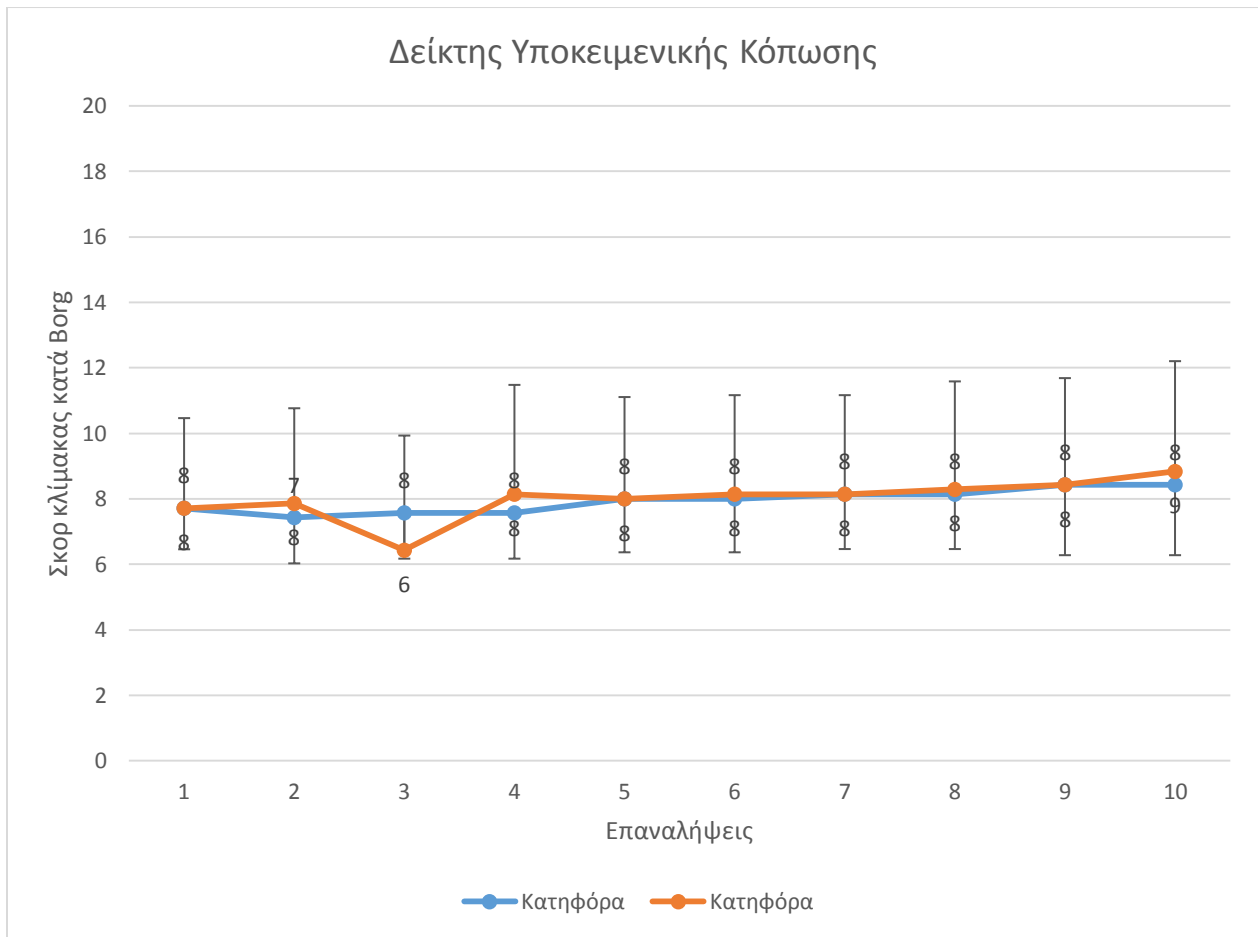
Διάγραμμα 1. Μέση Καρδιακή Συχνότητα (Μ.Κ.Σ) σε κάθε επανάληψη στην πρώτη και τελευταία προπόνηση, στην ομάδα της ανηφόρας.



Διάγραμμα 2. Μέση Καρδιακή Συχνότητα (Μ.Κ.Σ) σε κάθε επανάληψη στην πρώτη και τελευταία προπόνηση, στην ομάδα της κατηφόρας.



Διάγραμμα 3. Δείκτης υποκειμενικής κόπωσης σε κάθε επανάληψη, στην πρώτη και τελευταία προπόνηση, στην ομάδα της ανηφόρας



Διάγραμμα 4. Δείκτης υποκειμενικής κόπωσης σε κάθε επανάληψη, στην πρώτη και τελευταία προπόνηση, στην ομάδα της κατηφόρας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5° – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ο σκοπός της μελέτης ήταν να διερευνήσουμε την επίδραση που μπορεί να έχει η κλίση του εδάφους στη μεταβολή της καρδιακής συχνότητας όταν εφαρμοσθεί σε διαλειμματική προπόνηση. Το κύριο, εύρημα της έρευνας είναι οι θετικές προσαρμογές που προκάλεσε η άσκηση σε αρνητική κλίση με αποτέλεσμα χαμηλότερη μέση ΚΣ για άσκηση ίδιας έντασης.

Από προηγούμενες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, έχει αποδειχθεί ότι η καρδιακή συχνότητα διαφοροποιείται ανάλογα με το είδος, την ένταση και τη διάρκεια της άσκησης [17]. Ο κατάλληλος συνδυασμός έντασης και διάρκειας μπορεί να επιφέρει θετικά αποτελέσματα που αφορούν τη βελτίωση διαφόρων ικανοτήτων του ασκούμενου (αερόβια ικανότητα, μυϊκή ενδυνάμωση, ταχυδύναμη).

Από προηγούμενες μελέτες έχει βρεθεί πως γενικά η διαλειμματική προπόνηση, και πιο συγκεκριμένα η HIIT, προκαλεί προσαρμογές, σημαντικές για την υγεία και την καρδιοαναπνευστική λειτουργία συγκριτικά με την μέθοδο διαρκείας [18]. Όσον αφορά την άσκηση με κλίση του εδάφους, έχει αποδειχθεί ότι σε μια προπονητική μονάδα η οποία εκτελείται με την μέθοδο της διάρκειας και όχι διαλειμματικά, οι μεταβολές της καρδιακής συχνότητας ήταν μεγαλύτερες στην θετική κλίση (ανηφόρα) και μικρότερες στην αρνητική (κατηφόρα) [16]. Τα αποτελέσματα της δικιάς μας έρευνας, έπειτα από τις απαιτούμενες αναλύσεις, φαίνεται να διαφοροποιούνται. Αρχικά, με βάση τα παραπάνω, η ομάδα της ανηφόρας έπρεπε να παρουσιάσει περισσότερες μεταβολές σε σχέση με την ομάδα της κατηφόρας. Παρόλα αυτά στην ομάδα της ανηφόρας, συγκρίνοντας κάθε επανάληψη της πρώτης και της τελευταίας προπόνησης, η Μέση Καρδιακή Συχνότητα δεν μεταβλήθηκε παρά την υψηλή ένταση της άσκησης. Αντίθετα,

στην ομάδα της κατηφόρας, συγκρίνοντας και πάλι κάθε επανάληψη της πρώτης και της τελευταίας προπόνησης, η Μέση Καρδιακή Συχνότητα παρουσίασε σημαντικές μεταβολές. Συνεπώς, η άσκηση σε κατωφέρεια προκάλεσε χαμηλότερες τιμές στην ΚΣ από ότι η άσκηση σε ανωφέρεια, είτε στην αρχή είτε στο τέλος της προπονητικής περιόδου.

Με βάση τα παραπάνω αποδεικνύεται ότι η εφαρμογή αρνητικής κλίσης κατά τη διάρκεια μιας διαλειμματικής προπόνησης επιδρά θετικά στη βελτίωση της υγείας και των λειτουργιών των ασκουμένων. Σε μικρό χρονικό διάστημα επετεύχθη μια μέση μείωση στην μέση ΚΣ της τάξης των περίπου 10 παλμών το λεπτό.

Για την διαλειμματική άσκηση σε ανωφέρεια δεν παρατηρήθηκε μείωση της μέσης ΚΣ. Αυτό θεωρούμε ότι εξηγείται από το γεγονός ότι κάποιοι ασκούμενοι βελτίωσαν την μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου με αποτέλεσμα στην μέση της παρέμβασης να αυξηθεί η ένταση της άσκησης (Γ. Θεοφιλίδης, προσωπική επικοινωνία). Επομένως, οι παρόμοιες τιμές μέσης ΚΣ στους ασκούμενους της ανηφόρας 'κρύβουν' το γεγονός ότι για την ίδια μέση ΚΣ οι ασκούμενοι στο τέλος της παρέμβασης επιτέλεσαν πιο έντονη άσκηση.

Από την άλλη, όσον αφορά την διαλειμματική άσκηση σε κατωφέρεια, για ίδιας έντασης έργο είναι εμφανές ότι διατηρείται η απαραίτητη καρδιακή παροχή με χαμηλότερη ΚΣ. Πιθανολογούμε λοιπόν μια βελτίωση στην καρδιακή παροχή λόγω βελτίωσης του όγκου παλμού και στα δυο πρωτόκολλα.

Αυτό το εύρημα δεν ήταν αναμενόμενο, ειδικά για την παρέμβαση σε κατωφέρεια. Είναι γνωστό ότι η πολύμηνη προπόνηση αντοχής (συνεχής άσκηση, σε επίπεδο) επιφέρει βελτίωση του όγκου παλμού και στην υπομέγιστη και μέγιστη άσκηση, ενώ η ΚΣ μετά

από προπόνηση αντοχής μειώνεται όσον αφορά τιμές ηρεμίας και άσκησης υπομέγιστης έντασης. Ένας λόγος πίσω από την βελτίωση του όγκου παλμού πιθανολογείται να είναι η βελτίωση του όγκου πλάσματος [19] αφού μια τέτοια μεταβολή βελτιώνει την επιστροφή του αίματος στην καρδιά και αυξάνει τον τελοδιαστολικό όγκο.[20] (ως γνωστό από την μηκοδυναμική σχέση και τον νόμο κατά Starling όσο πιο καλά 'γεμίζει' η καρδιά τόσο πιο 'καλά/δυνατά' αδειάζει).

Όμως δεν μπορούμε να μην αναγνωρίσουμε ότι η ΚΣ επηρεάζεται από πληθώρα άλλων παραγόντων. Η εξοικείωση με το πρωτόκολλο και την διαδικασία της δρομικής άσκησης σε κατωφέρεια σε συνδυασμό με το ότι η άσκηση αυτή όντως απαιτεί χαμηλότερη προσπάθεια επίσης ίσως εξηγούν μέρος των ευρημάτων για την ομάδα της κατηφόρας. Τέλος, στην ανάλυση συσχέτισης που πραγματοποιήθηκε, αποδείχθηκε πως υπάρχει συσχέτιση της υποκειμενικής κόπωσης και της μέσης Καρδιακής Συχνότητας στο τέλος κάθε επανάληψης και στα δύο πρωτόκολλα (ανηφόρα- κατηφόρα). Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με προηγούμενες έρευνες που υποστήριζαν ότι η RPE συσχετίζεται άμεσα με το καρδιοαναπνευστικό επίπεδο και τις μεταβολικές ανάγκες του οργανισμού κατά τη διάρκεια της άσκησης [21]. Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι η κλίμακα καταγραφής υποκειμενικής κόπωσης Borg, είναι ένα ασφαλές εργαλείο για το έλεγχο της επιβάρυνσης ακόμα και σε διαλειμματική προπόνηση ανωφέρειας και κατωφέρειας.

Εν κατακλείδι, η διαλειμματική άσκηση υψηλής έντασης απέδωσε θετικές προσαρμογές της καρδιακής λειτουργίας. Οι θετικές προσαρμογές στην κατωφέρεια επιδέχονται περαιτέρω διερεύνησης.

Βιβλιογραφία

Ερευνητικά άρθρα

1. Christensen EH, Hedman R, Saltin B. Intermittent and continuous running. (a further contribution to the physiology of intermittent work.). *Acta Physiol Scand.* 1960;50:269-286.
2. Little JP, Gillen JB, Percival ME, Safdar A, Tarnopolsky MA, Punthakee Z, Jung ME, Gibala MJ. Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *J Appl Physiol* (1985). 2011; 111:1554-1560.
3. Burgomaster KA, Howarth KR, Phillips SM, Rakobowchuk M, Macdonald MJ, McGee SL, Gibala MJ. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J Physiol.* 2008; 586:151-160.
4. Astorino TA, Allen RP, Roberson DW, Jurancich M. Effect of high-intensity interval training on cardiovascular function, vo₂max, and muscular force. *J Strength Cond Res.* 2012; 26:138-145.
5. Billat LV, Koralsztejn JP. Significance of the velocity at vo₂max and time to exhaustion at this velocity. *Sports Med.* 1996;22:90-108.
6. Wanta DM, Nagle FJ, Webb P. Metabolic response to graded downhill walking. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25:159-162.
7. Freeman JV, Dewey FE, Hadley DM, Myers J, Froelicher VF. Autonomic nervous system interaction with the cardiovascular system during exercise. *Prog Cardiovasc Dis.* 2006; 48:342-362.
8. Kouidi E, Haritonidis K, Koutlianos N, Deligiannis A. Effects of athletic training on heart rate variability triangular index. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2002;22:279-284.
9. Billat VL, Slawinski J, Bocquet V, Demarle A, Lafitte L, Chassaing P, Koralsztejn JP. Intermittent runs at the velocity associated with maximal oxygen uptake enables

subjects to remain at maximal oxygen uptake for a longer time than intense but submaximal runs. *Eur J Appl Physiol.* 2000;81:188-196.

10. Tabata I, Irisawa K, Kouzaki M, Nishimura K, Ogita F, Miyachi M. Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. *Med Sci Sports Exerc.* 1997; 29:390-395.

11. Gibala MJ, Little JP, Macdonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol.* 2012;590:1077-1084.

12. Billat LV. Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part ii: Anaerobic interval training. *Sports Med.* 2001;31:75-90.

13. Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part ii: Anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Sports Med.* 2013;43:927-954.

14. Kaikkonen P, Rusko H, Martinmaki K. Post-exercise heart rate variability of endurance athletes after different high-intensity exercise interventions. *Scand J Med Sci Sports.* 2008;18:511-519.

15. Heydari M, Boutcher YN, Boutcher SH. High-intensity intermittent exercise and cardiovascular and autonomic function. *Clin Auton Res.* 2013;23:57-65.

16. Pivarnik JM, Sherman NW. Responses of aerobically fit men and women to uphill/downhill walking and slow jogging. *Med Sci Sports Exerc.* 1990;22:127-130.

17. Kaikkonen P, Hynynen E, Mann T, Rusko H, Nummela A. Heart rate variability is related to training load variables in interval running exercises. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112:829-838.

18. Esfandiari S, Sasson Z, Goodman JM. Short-term high-intensity interval and continuous moderate-intensity training improve maximal aerobic power and diastolic filling during exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2014;114:331-343.

19. Green HJ, Jones LL, Painter DC. Effects of short-term training on cardiac function during prolonged exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1990;22:488–493.
20. Seals DR, Hagberg JM, Spina RJ, Rogers MA, Schechtman KB, Ehsani AA. Enhanced left ventricular performance in endurance trained older men. *Circulation* 1994;89:198–205.
21. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14:377-381.

Κεφάλαια σε βιβλία

1. Κέλλης, Σ. (2004). Προπονητική.
2. Κλεισούρας, Β. (2004). Εργοφυσιολογία. Αθήνα.
3. Vender, M.D, Sherman, Ph.D., Luciano, Ph.D., Τσακόπουλος Μ. (2001).
Φυσιολογία του ανθρώπου, 8η έκδοση, τόμος II.

Παραρτήματα

Η συλλογή δεδομένων έγινε ως μέρος μεγαλύτερης μελέτης που είχε λάβει έγκριση στις 10/12/14 με την σύμφωνη γνώμη των κύριων εξερευνητών Χ. Καρατζαφέρη και Γ. Θεοφιλίδη.