



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ- ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ & ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ-
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΑΣΚΗΣΗ, ΕΡΓΟΣΠΙΡΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ
ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ»



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τίτλος: Οι επιδράσεις της υψηλής έντασης διαλειμματικής άσκησης (high intensity interval training) σε άτομα με καρδιακή ανεπάρκεια (HF)

Title: The effects of HIIT (high intensity interval training) in patients with Heart Failure (HF)

Ράμμος Γεώργιος

Φοιτητής ΤΕΦΑΑ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Δρ. Ανδρέας Φλουρής, Αναπληρωτής Καθηγητής στο Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Αθανάσιος Τζιαμούρτας, Καθηγητής στο Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, μέλος Τριμελούς Επιτροπής

Δρ. Ιωάννης Φατούρος, Καθηγητής στο Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, μέλος Τριμελούς Επιτροπής

Λάρισα, 2019

The effects of HIIT (high intensity interval training) in patient with Heart Failure (HF)

Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του Προγράμματος Σπουδών «Άσκηση, Εργοσπιρομετρία και Αποκατάσταση» του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Copyright (c) 2020 Ράμμος Γεώργιος. Με την επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Υπεύθυνη δήλωση

Δηλώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια που είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης έχω κάνει σαφείς αναφορές σε όλες τις πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, προτάσεων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε διατυπώνονται με παρεμφερή τρόπο. Ακόμα δηλώνω ότι αυτή η γραπτή εργασία προετοιμάστηκε από έμενα προσωπικά και αποκλειστικά.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

1. Περιεχόμενα	σελ. 4
2. Ευχαριστίες	σελ. 6
3. Περίληψη	σελ. 7
4. Abstract	σελ. 9
5. Συνοτομογραφίες και Ακρωνύμια	σελ. 10
6. Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	σελ. 14
6.1. Ιστορικό Καρδιακής Ανεπάρκειας	σελ. 14
6.2. Άσκηση στην αποκατάσταση ασθενών με Καρδιακή Ανεπάρκεια	σελ. 15
6.3. Ποσοστά Θνησιμότητας Ασθενών με Χρόνια Καρδιακή Ανεπάρκεια	σελ. 16
6.4. Η Καρδιακή Ανεπάρκεια ως Κοινωνικοοικονομικό Πρόβλημα	σελ. 17
6.5. Σκοποί της έρευνας.....	σελ 18
6.6. Σημασία της έρευνας	σελ 18
6.7 Ερευνητικές υποθέσεις.....	σελ. 19
6.8. Μηδενικές υποθέσεις.....	σελ. 19
7. Κεφάλαιο 2: Ανασκόπηση βιβλιογραφίας	σελ. 20
7.1. Ορισμός της Καρδιακής Ανεπάρκειας	σελ 20
7.2. Ορολογία Καρδιακής Ανεπάρκειας και Συσχετισμός με το κλάσμα εξώθησης της αριστερής κοιλίας	σελ. 23
7.3. Κλάσμα Εξώθησης Αριστερής Κοιλίας, Ορισμός	σελ. 23
7.4. Αιτίες Καρδιακής Ανεπάρκειας	σελ 25
7.5. Ιστορική ανασκόπηση της φυσικής δραστηριότητας σε άτομα με καρδιακή ανεπάρκεια	σελ. 29
7.6. Ιστορική ανασκόπηση της Διαλειμματικής Άσκησης ΗΠΤ.....	σελ. 33
7.7. Γενικές αρχές της Διαλειμματικής Άσκησης ΗΠΤ.....	σελ. 36
7.8. Έρευνες προπόνησης ΗΠΤ (ή ΗΠΕ) και MICE σε Καρδιοπαθείς	σελ. 40
7.9. Οξείες επιδράσεις της άσκησης ΗΠΤ σε καρδιοπαθείς	σελ. 46
8. Κεφάλαιο 3: Μεθοδολογία	σελ. 48
8.1. Περιγραφή αναζήτησης της βιβλιογραφίας	σελ. 48
8.2. Ορολογία Mesh	σελ. 48

8.3. Συλλογή ιστορικών δεδομένων	σελ. 49
8.4. Πειραματικό πρωτόκολλο 2 / 1	σελ. 49
8.5. Δείγμα Ασθενών	σελ. 49
8.9. Πειραματικό Πρωτόκολλο, μέθοδος	σελ. 50
9. Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα	σελ. 51
9.1. Πίνακας Δεδομένων και Μετρήσεων	σελ. 51
9.2. Αποτελέσματα του καινοτόμου πρωτόκολλου	σελ. 59
10. Κεφάλαιο 5: Συζήτηση αποτελεσμάτων	σελ. 57
10.1 Περιορισμοί μελέτης	σελ. 60
11. Κεφάλαιο 6: Βελτιώσεις της υφιστάμενης γνώσης	σελ 62
12. Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα και μελλοντικές κατευθύνσεις	σελ. 64
13. Κεφάλαιο 8: Βιβλιογραφία – Πηγές	σελ. 67

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την παρούσα μεταπτυχιακή μου διατριβή θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όσους συνέβαλαν στην αποπεράτωση αυτού του ερευνητικού εγχειρήματος. Θα ήθελα κυρίως να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ανδρέα Φλουρή, ο οποίος στάθηκε πολύτιμος αρωγός, καθοδηγητής και υποστηρικτής καθ' όλη την διάρκεια της παρούσης έρευνας ανταποκρινόμενος θετικά και άμεσα, καθώς και στα μέλη της Συμβουλευτικής Επιτροπής, Δρ. Αθανάσιο Τζιαμούρτα και Δρ. Ιωάννη Φατούρο για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή τους. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Ελευθέριο Καρατζάνο που μου παρείχε υποστήριξη και καθοδήγηση, καθώς και πρόσβαση σε δεδομένα και μετρήσεις ασθενών. Και τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Βασίλειο Σταύρου που μου παρείχε ηθική υποστήριξη και με έφερε σε επαφή με τους αρμόδιους καθηγητές για την εκπλήρωση της Διπλωματικής εργασίας μου.

Περίληψη

Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1980 η άσκηση για άτομα με καρδιακή ανεπάρκεια ήταν αντιενδεικτική. Εκτενείς έρευνες έχουν αποδείξει ότι η άσκηση αντιστρέφει τις παθολογίες που οφείλονται για την καρδιακή ανεπάρκεια τόσο σε κλινικό όσο και σε μοριακό επίπεδο. Η αποκομισθείσα γνώση μέσα από κλινικές δοκιμές και από έρευνα σε μοριακό επίπεδο, χτίζει μια δυνατή περίπτωση και ορίζει την άσκηση ως κλειδί στην θεραπεία ατόμων με χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια. Η προπόνηση αερόβιας άσκησης συνίσταται έντονα σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια (Heart Failure- HF) και μειωμένο κλάσμα εξώθησης αριστερής κοιλίας (left ventricular ejection fraction- LVEF) για τη βελτίωση των συμπτωμάτων και της ποιότητας ζωής. Η αερόβια συνεχής άσκηση μέτριας έντασης (Moderate-intensity continuous exercise - MICE) είναι η πιο καθιερωμένη μέθοδος προπόνησης σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια (HF). Ωστόσο, για περίπου μια δεκαετία μια άλλη μέθοδος προπόνησης, η αερόβια άσκηση υψηλής έντασης και μικρής διάρκειας (high-intensity interval training HIIT), προκάλεσε σημαντικό ενδιαφέρον για την καρδιακή αποκατάσταση. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε από αθλητές, καθώς το HIIT αποτελείται από επαναλαμβανόμενες περιόδους άσκησης υψηλής έντασης που διασκορπίζονται με περιόδους ανάρρωσης. Το σκεπτικό για τη χρήση του είναι να αυξήσει τον χρόνο άσκησης που δαπανάται σε ζώνες υψηλής έντασης, αυξάνοντας έτσι το αποτέλεσμα της προπόνησης. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι το HIIT είναι πιο αποτελεσματικό από την αερόβια άσκηση μέτριας έντασης (MICE), ιδίως για τη βελτίωση της ικανότητας άσκησης σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια (HF). Ο στόχος της παρούσας έρευνας είναι να ερευνήσει ένα καινοτόμο πρωτόκολλο HIIT προκειμένου να προσδιορίσει πιθανές μελλοντικές προοπτικές του HIIT σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια (HF).

Το πρωτόκολλο HIIT που ερευνάται και κυρίως χρησιμοποιείται είναι το 4-3 (Φάση Α, 4 λεπτά υψηλής έντασης άσκηση με 3 λεπτά ενεργητικής ξεκούρασης). Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιούνται δύο πρωτόκολλα HIIT, το 4-3 και το 2-1 (Φάση Β, 2 λεπτά υψηλής έντασης άσκηση με 1 λεπτό ενεργητικής ξεκούρασης). Έγινε μία εκτίμηση για το ποιες άμεσες προσαρμογές παρατηρούνται και αν το καινούριο πρωτόκολλο είναι πιο αποτελεσματικό. Για την σύγκριση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν ο παραμετρικός έλεγχος Paired Sample T test για τα δεδομένα που ακολουθούσαν κανονική κατανομή και ο μη παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon Signed Ranks Test για τα δεδομένα που δεν ακολουθούσαν κανονική κατανομή. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το πρωτόκολλο 2-1 είναι πιο αποτελεσματικό από το 4-3. Συγκεκριμένα οι ασθενείς μπόρεσαν να χρησιμοποιήσουν περισσότερο οξυγόνο ($p=0.011$). Επίσης, υπήρξε βελτίωση στην ποσότητα

οξυγόνου που καταναλώνεται ανά καρδιακό σφυγμό ($p=0.011$), αύξηση του καρδιακού σφυγμού ($p=0.00$), αύξηση στον μέσον όρο πρόσληψης οξυγόνου ($p=0.011$). Στην ένταση του 90% της VO_{2peak} παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση, με τους ασθενείς να μπορούν να διατηρήσουν για μεγαλύτερη διάρκεια την άσκηση σε αυτές τις εντάσεις ($p=0,029$).

Μεταξύ των δύο πρωτόκολλων, οι οξείες προσαρμογές του πρωτόκολλου 2/1 ήταν καλύτερες σε σχέση με το πρωτόκολλο 4/3. Περαιτέρω συμπεράσματα δείχνουν ότι τα πρωτόκολλα ΗΠΤ με πιο σύντομη φάση έντονης άσκησης, φέρουν καλύτερα αποτελέσματα από εκείνα με μεγαλύτερης διάρκειας.

Λέξεις κλειδιά: αερόβια άσκηση υψηλής έντασης, καρδιακή ανεπάρκεια, κλάσμα εξώθησης αριστερής κοιλίας, μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, συνεχόμενη άσκηση μέτριας έντασης.

Abstract

Until the end of 1980, exercise for people with heart failure was not advised. Thural investigations has proven that exercise reverses the pathological effects that cause Heart Failure, in clinical and molecular level. The knowlege that we aquired throu clinical trials and investigations in molecular level, builds a strong case and sets the exercise as substantial way of treatment for therapy in people with Heart Failure. Aerobic training is mostly recommended in patients with Heart Failure (HF) and left ventricular reduced ejection fraction (LVEF) for the treatment and improvement of the quality of life in these patients. Moderate- intensity continuous exercise (MICE) is the most established form of training in these patients. However, for almost a decade a different method of training, the high intensity interval training (HIIT), caused the interest to the medical society for the HF treatment. In the early stages HIIT was used by athletes, because it is consisted from repeated periods of high intensity exercises, which are separated by recovery time. The thinking behind this is to increase the time of training spent under high intensity zones, thus increasing the effects of training. Many studies have shown that HIIT is more efficient than MICE, especially to the improvement of HF patients. The goal of this study is to research an innovative HIIT protocol, in order to specify posible future prospects of HIIT training in patients with Heart Failure (HF). The most established HIIT training protocol is the 4-3. In this study we used 2 HIIT protocols: the 4-3 (A phase, 4 minutes of high intensity exercise and 3 minutes of active rest) and the 2-1 (B phase, 2 minutes of high intensity exercise with 1 minute active rest). We estimated the accute effects of each protocol and we compared their effectiveness. For the data comparison we used Paired Sample T test for the normally distributed data, and Wilcoxon Signed Ranks Test for the not normally distributed data. The results showed that the 2-1 protocol was more effective than the 4-3. Specifically, the patients showed a higher total oxygen utilization ($p=0.011$), increased oxygen consumption per heart beat ($p=0.011$), increased heart rate ($p=0.00$), and increased oxygen uptake ($p=0.011$). At an intensity of 90% of VO_{2peak} there were significant improvement with the patients to be able to maintain exercise for longer periods of time in this zone ($p=0,029$). Between the 2 Protocols, the acute effects the 2/1 protocol were better. Further findings of this research shows that HIIT protocols with a shorter phase of intense exercise have better results than those with a longer duration.

Key words: high intensity aerobic training, heart failure, left ventricular ejection fraction, maximal oxygen uptake, moderate intensity continuous exercise.

Συντομογραφίες και ακρωνύμια

- HR – Heart Rate – Καρδιακός Ρυθμός
- HRmax – Maximum Heart Rate – Μέγιστος Καρδιακός Ρυθμός
- HRpeak – Peak Heart Rate – Κορυφαίος Καρδιακός Ρυθμός
- HF – Heart Failure – Καρδιακή Ανεπάρκεια
- $v\text{VO}_2\text{max}$ - velocity at maximal oxygen uptake - Ταχύτητα στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου – Είναι ο ρυθμός κατά τον οποίο το σώμα χρησιμοποιεί οξυγόνο κατά την διάρκεια της άσκησης
- O_2max – maximum oxygen – Μέγιστο Οξυγόνο
- PO_2 – Pressure of Oxygen – Πίεση Οξυγόνου
- VO_2peak – peak oxygen volume – Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου την συγκεκριμένη χρονική περίοδο
- VO_2max – maximum oxygen volume – Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου
- PPO - Power Peak Output – Peak Work Rate – Είναι ένα μέγεθος μέτρησης της έντασης της άσκησης. Ρυθμός / Μέγεθος παραγωγής έργου
- PPOmax – Power peak output maximum – Peak Work Rate – Μέγιστος ρυθμός παραγωγής έργου
- CHF – Chronic Heart Failure – Χρόνια Καρδιακή Ανεπάρκεια
- HIIT – High Intensity Interval Training -Υψηλής έντασης Διαλειμματική Προπόνηση
- SIT - Supramaximal Interval Training – Υπερ-μέγιστη Διαλειμματική Προπόνηση (ένταση μεγαλύτερη από το 100%)
- HIIIE – High Intensity Interval Exercise - Υψηλής Έντασης Διαλειμματική Άσκηση

- AIT – Aerobic Interval Training – Αερόβια Διαλειμματική Άσκηση
- MICT – Moderate Intensity Continuous Training – Μέτριας Έντασης Συνεχόμενη Προπόνηση
- MICE - Moderate Intensity Continuous Exercise – Μέτριας Έντασης Συνεχόμενη άσκηση
- MCT - Moderate Continuous Training – Μέτρια (Ένταση) Συνεχόμενη Προπόνηση
- IT – Interval Training – Διαλειμματική Προπόνηση
- CT – Continuous Training – Συνεχόμενη προπόνηση
- CET – Continuous Exercise Training
- IET – Interval Exercise Training
- LVEF – Left Ventricular Ejection Fraction – Κλάσμα εξώθησης αριστερής κοιλίας
- MSEC - Maximal Short Term Exercise Capacity – Μέγιστη ικανότητα βραχυπρόθεσμης άσκησης. Είναι ικανότητα διατήρησης της άσκησης σε ποσοστό μέγιστης έντασης.
- EF – Ejection Fraction- Κλάσμα εξώθησης
- rpm - Rounds per minute – Κύκλοι / γύροι ανά λεπτό
- WRP - peak work rate – Maximum Power peak output - Είναι ένα μέγεθος μέτρησης της έντασης της άσκησης. Μέγιστος ρυθμός παραγωγής έργου.
- HRR – Heart Rate Reserve – Εφεδρεία Καρδιακού Ρυθμού – Ο καρδιακός ρυθμός που προκύπτει από την διαφορά του μέγιστου καρδιακού σφυγμού, μείον τον το καρδιακό ρυθμό σε ηρεμία.
- HRR1 – Heart Rate Recovery 1 – Είναι ο καρδιακός ρυθμός μετά από το ένα λεπτό διακοπής της άσκησης. Εάν δεν έχουμε πτώση των καρδιακών σφυγμών στο πρώτο λεπτό κατά τουλάχιστον 25-30 σφυγμούς, είναι ένδειξη καρδιοπάθειας.
- VO₂/t slope - κλίση της καμπύλης κατανάλωσης του οξυγόνου κατά την πρώιμη φάση της ανάκαμψης
- OD – oxygen deficite – Είναι η διαφορά μεταξύ του συνολικής πρόσληψης οξυγόνου μείων την ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται κατά την διάρκεια της άσκησης

- HF-ACTION - Heart Failure - A Controlled Trial Investigating Outcomes of Exercise Training
- VE – Ventilation – αερισμός – Η ανταλλαγή του αέρα μεταξύ των πνευμόνων και του αέρα
- VE/VCO₂ – Είναι το αναπνευστικό ισοδύναμο του διοξειδίου του άνθρακα – Το πηλίκο του πνευμονικού αερισμού και του διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται κατά την διάρκεια της δοκιμασίας
- VE/VO₂ - Ventilatory Equivalents for Oxygen – Αναπνευστικό ισοδύναμο για το οξυγόνο - είναι το πηλίκο του πνευμονικού αερισμού και του οξυγόνου που καταναλώθηκε.
- POC - Proof Of Concept - Proof of principle – Είναι η πραγματοποίηση μίας συγκεκριμένης μεθόδου ή μίας ιδέας για να αποδειχθεί η σκοπιμότητά της. Μία τέτοια έρευνα είναι συνήθως μικρή και μπορεί, ή όχι να είναι ολοκληρωμένη.
- Oxygen Kinetics - Oxygen uptake (VO₂) kinetics παρέχει πληροφορίες για την ικανότητα ανταπόκρισης του οξυγόνου σε αυξημένο φορτίο κατά την διάρκεια μίας συνεχόμενης δοκιμασίας (CWRT). Υπάρχουν 3 φάσεις. Οι φάσεις αυτές δείχνουν την κινητικότητα του οξυγόνου κατά την διάρκεια των 3 σταδίων της παραγωγής ενέργειας (ATP-PC, Anaerobic Glycolysis and Aerobic).
- CWRT - constant work rate test – Συνεχόμενου Ρυθμού Δοκιμασία
- QOL – Quality Of Life – Ποιότητα ζωής
- VT1 - ventilatory threshold 1 – αναφέρεται στο σημείο το οποίο κατά την διάρκεια της άσκησης ο αερισμός αρχίζει να αυξάνεται σε μεγαλύτερο βαθμό από την πρόσληψη. Είναι το αναερόβιο ή γαλακτικό κατώφλι.
- 6MWT – 6 minutes walking test – το τεστ των 6 λεπτών
- TRIMP_i method – η μέθοδος αυτή ορίζει την ένταση της άσκησης, σύμφωνα με τον καρδιακό ρυθμό και το γαλακτικό προφίλ, που έχει αποσπαστεί κατά την διάρκεια του βασικού τεστ στον διάδρομο.
- Chronotropic effects – Χρονотροπικές Επιδράσεις- είναι οι επιδράσεις που αλλάζουν τον καρδιακό ρυθμό.
- SR - Sarcoplasmic Reticulum – Σαρκοπλασματικό Δίκτυο. Το σαρκοπλασματικό δίκτυο είναι ένα σύνθετο δίκτυο του ενδοπλασματικού δικτύου. Είναι σημαντικό στη μετάδοση του ηλεκτρικού ερεθίσματος καθώς και στην αποθήκευση ιόντων ασβεστίου.

- CAD – Coronary Artery Disease – Στεφανιαία Νόσος
- PETCO₂ - end-tidal carbon dioxide pressure – Τελο-εκπνευστική πίεσης του διοξειδίου. Η τελο-εκπνευστική πίεση διοξειδίου, είναι ένας μη επεμβατικός δείκτης που θεωρείται καλός δείκτης για την αξιολόγηση της σχέσης εξαερισμού / διάχυσης σε ασθενείς σε ένα ευρύ φάσμα συνθηκών. Οι παραλλαγές στο PETCO₂ έχουν αποδειχθεί ότι αντικατοπτρίζουν αλλαγές τόσο στην καρδιακή παροχή όσο και στην πνευμονική ροή αίματος.
- VAT – Ventilatory Anaerobic Threshold – Αναερόβιο κατώφλι
- RCP - Respiratory Compensation Point - Σημείο Αναπνευστικής Αντιστάθμισης – Το σημείο αναπνευστικής αντιστάθμισης, συμβαίνει στο σημείο που το γαλακτικό αυξάνεται ραγδαία. Στο σημείο αυτό υπάρχει υπερ-αερισμός.
- OUES - Oxygen Uptake Efficiency slope - Κλίση αποδοτικότητας πρόσληψης οξυγόνου. Είναι ένας υπομέγιστος δείκτης που ενσωματώνει καρδιαγγειακούς, περιφερειακούς και πνευμονικούς παράγοντες που καθορίζουν την αναπνευστική απόκριση στην άσκηση
- LVEDD - left ventricular end-diastolic diameter – Διάμετρος αριστερής κοιλίας στο τέλος της διαστολής
- RRE - recommendation of regular exercise – Συνιστώμενη Άσκηση
- FMD - -Flow – Mediated Dilation – Διαστολή με μεσολάβηση ροής - Αναφέρεται σε διαστολή (διεύρυνση) μιας αρτηρίας όταν η ροή του αίματος αυξάνεται σε αυτή την αρτηρία.

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Η καρδιακή ανεπάρκεια είναι ένα πολύπλοκο κλινικό σύνδρομο, το οποίο συμβαίνει όταν ο καρδιακός μυς δεν αντλεί αποδοτικά αίμα στα όργανα του σώματος ώστε να ικανοποιηθούν οι μεταβολικές ανάγκες του οργανισμού. Πρόκειται για μια μακροχρόνια κατάσταση που τείνει να χειροτερεύει σταδιακά με την πάροδο του χρόνου και χαρακτηρίζεται ως απρόβλεπτη νόσος, διότι, ενώ κάποιοι ασθενείς παραμένουν σταθεροί για πολλά χρόνια, σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να επιδεινωθεί γρήγορα και να επέλθει αιφνίδιος θάνατος. Στην εν λόγω νόσο παρατηρείται σημαντική μείωση στην καρδιακή απόδοση, δύσπνοια με σχετικά χαμηλό φόρτο εργασίας και μειωμένη φυσική ικανότητα εργασίας του πάσχοντος ασθενή περιορίζοντας σοβαρά τις δραστηριότητές του, αλλά πέραν των λειτουργικών περιορισμών υπάρχει και συναισθηματικό κόστος, αφού συχνά οι ασθενείς αυτοί διακατέχονται από άγχος και κατάθλιψη. Συνήθως δεν μπορεί να θεραπευτεί, αλλά τα συμπτώματα μπορούν συχνά να ελεγχθούν για πολλά χρόνια. Η πενταετής επιβίωση σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια είναι μόνο 24% για τους άνδρες και 31% για τις γυναίκες, με την πλειονότητα των ασθενών να καταλήγουν στα 10 χρόνια.

Ιστορικό Καρδιακής Ανεπάρκειας

Η καρδιακή ανεπάρκεια είναι η κύρια αιτία θνησιμότητας στις ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες. Οι κλινικές επιπλοκές της χρόνιας καρδιακής ανεπάρκειας (Chronic Heart Failure - CHF) οδηγούν σε σοβαρή σωματική ανικανότητα και αποτελούν την κύρια πηγή του αυξανόμενου κόστους της υγειονομικής περίθαλψης και κρίνεται απαραίτητο να βρεθούν πιο αποτελεσματικές στρατηγικές πρόληψης [1]. Η καρδιακή ανεπάρκεια είναι μία χρόνια εξελικτική κατάσταση κατά την οποία ο καρδιακός μυς δεν είναι ικανός να καλύπτει τις ανάγκες του οργανισμού σε αίμα και οξυγόνο. Η στεφανιαία νόσος (Coronary Heart Disease – CHD) είναι η πιο συχνή μορφή καρδιοπάθειας που επηρεάζει τις αρτηρίες που τροφοδοτούν την καρδιά με αίμα και μπορεί να εκδηλωθεί με διαφορετικές μορφές, όπως έμφραγμα του μυοκαρδίου (Myocardial Infarction - MI), στηθάγχη, καρδιακή ανεπάρκεια (Heart Failure – HF) και στεφανιαίο θάνατο. Το έμφραγμα του μυοκαρδίου χαρακτηρίζεται από μη αναστρέψιμη νέκρωση του καρδιακού μυός ως αποτέλεσμα της παρατεταμένης ισχαιμίας, δηλαδή της ελλιπούς αιμάτωσης του μυοκαρδίου. Η βασική αιτιολογία είναι η ανισορροπία μεταξύ της “προμήθειας - ζήτησης” οξυγόνου (η ζήτηση του οξυγόνου είναι μεγαλύτερη από την παροχή), που είναι ένα αποτέλεσμα της αποκόλλησης της πλάκας από τα τοιχώματα των αρτηριών και τον σχηματισμό θρόμβου στα στεφανιαία αγγεία. Κατά συνέπεια, η παροχή αίματος μειώνεται έντονα σε ένα τμήμα του μυοκαρδίου. Το έμφραγμα του μυοκαρδίου είναι

μία από τις κύριες αιτίες θνησιμότητας στον ενήλικο πληθυσμό και συσχετίζεται συχνότερα με αθηροσκληρωτική νόσο των στεφανιαίων αρτηριών [2].

Άσκηση στην αποκατάσταση ασθενών με Καρδιακή Ανεπάρκεια

Μέχρι την δεκαετία του 1980 υπήρχε ομοφωνία στην ιατρική κοινότητα για αποφυγή της φυσικής δραστηριότητας και άσκησης σε άτομα με καρδιακή ανεπάρκεια και η ασθένειά τους αντιμετωπιζόταν με την λήψη φαρμάκων και ξεκούρασης. Η έρευνα που υπήρξε ο ακρογωνιαίος λίθος τριών δεκαετιών μεταγενέστερης έρευνας αλλάζοντας την επιστημονική προσέγγιση και την σχέση άσκησης και καρδιακής ανεπάρκειας ήταν αυτή του Sullivan et al. το 1988 με την οποία μελετώντας δώδεκα καρδιοπαθείς απέδειξε ότι αυτοί οι ασθενείς κάνοντας φυσική δραστηριότητα παρουσίασαν μεγαλύτερη ανοχή στη άσκηση. Πλέον η άσκηση έχει καταστεί μία καθιερωμένη μορφή θεραπείας σε αυτά τα άτομα. Η μορφή άσκησης που συνταγογραφείται κυρίως είναι μέτριας έντασης συνεχόμενης αερόβιας άσκησης. Τα τελευταία χρόνια μια άλλη μέθοδος προπόνησης, η διαλειμματική άσκηση υψηλής έντασης, εμφανίστηκε και φαίνεται να είναι πιο ευεργετική σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια. Έχουν γίνει πολυάριθμες έρευνες σύγκρισης ΗΠΤ με την συνεχόμενη άσκηση (MICE), χωρίς να υπάρχουν ξεκάθαρα στοιχεία για το ποια μέθοδος είναι η καλύτερη. Πολλές έρευνες υποστηρίζουν την ανωτερότητα της ΗΠΤ, άλλες ότι η MICE είναι καλύτερη μέθοδος και αρκετές έρευνες δεν βρίσκουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην αποκατάσταση των ασθενών μεταξύ τους υποστηρίζοντας ότι η ΗΠΤ αποτελεί μία εναλλακτική μορφή άσκησης για την αποκατάσταση αυτών των ασθενών.

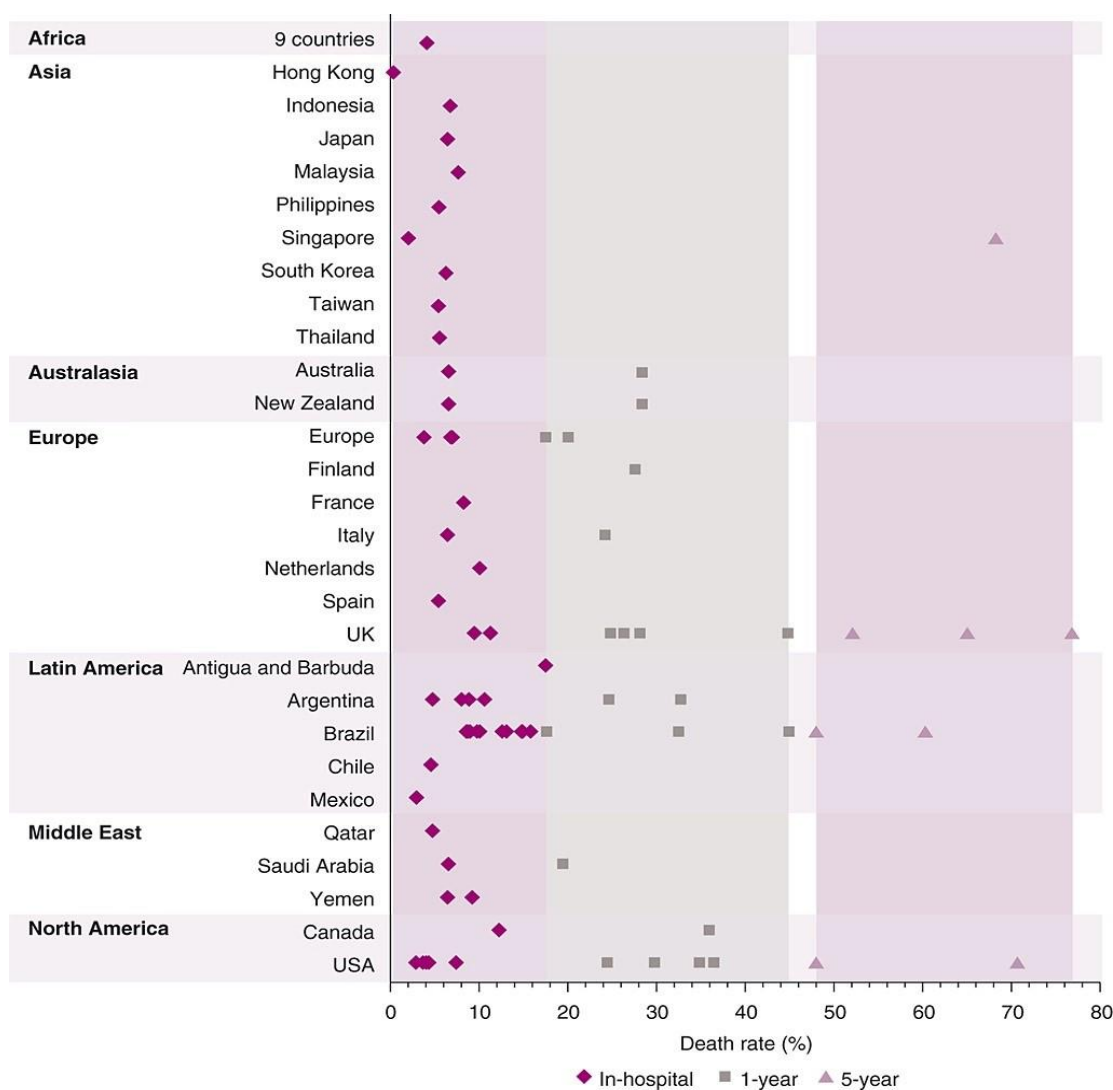
Άλλο ένα ζήτημα που προκύπτει είναι η πολυπλοκότητα της άσκησης ΗΠΤ και η δυσκολία που παρουσιάζει στην έρευνα και την συνταγογράφησης της. Η διαλειμματική άσκηση ΗΠΤ χωρίζεται σε δύο κύριες κατηγορίες και περιλαμβάνει έξι κύριες παραμέτρους που μπορούν να αλλάξουν και να συνδυαστούν. Αυτό δίνει την δυνατότητα για την δημιουργία σχεδόν άπειρων διαφορετικών πρωτόκολλων άσκησης. Για τον λόγο αυτό δεν είναι εύκολη η επιλογή και εύρεση του καταλληλότερου πρωτόκολλου, και η επιλογή της γίνεται κυρίως εμπειρικά. Αν και έχουν δοκιμαστεί διάφοροι συνδυασμοί ΗΠΤ σε καρδιοπαθείς, υπάρχουν λίγα δεδομένα σχετικά με το ποιο είναι το βέλτιστο πρωτόκολλο διαλειμματικής άσκησης (ΗΠΤ), με αποτέλεσμα να μην υπάρχει κάποιο συγκεκριμένο, κοινά αποδεκτό και αποτελεσματικό πρωτόκολλο ΗΠΤ στην αποκατάσταση αυτών των πλυθυσμών.

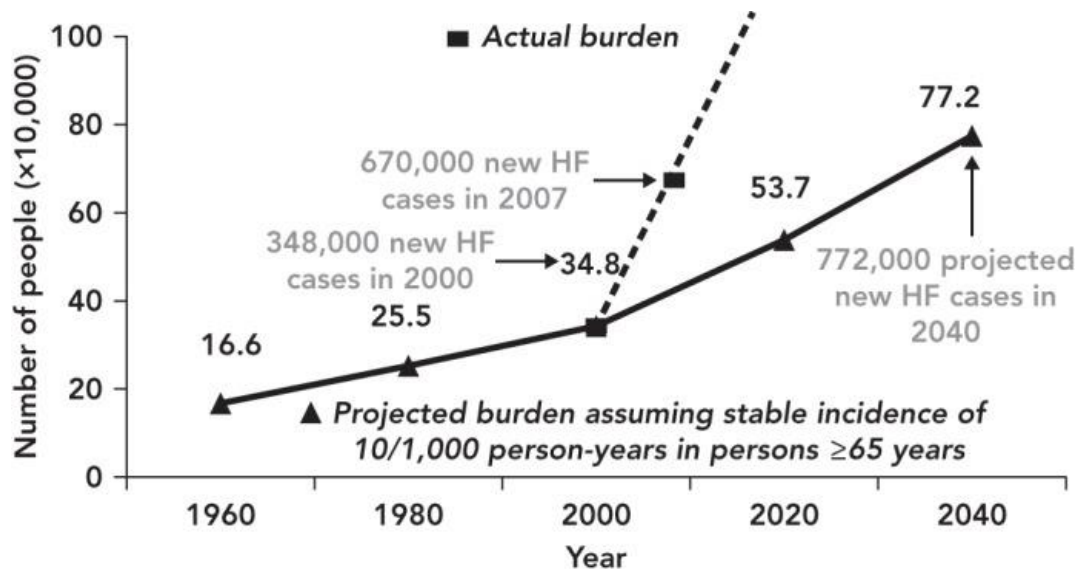
Με βάση όσα γνωρίζουμε, αρκετές μελέτες έχουν διερευνήσει τις οξείες φυσιολογικές αποκρίσεις της ΗΠΤ σε σύγκριση με την MICE, αλλά μόνο δύο μελέτες έχουν συγκρίνει τις οξείες φυσιολογικές

επιδράσεις διαφορετικών πρωτοκόλλων ΗΠΤ, ενώ καμία έρευνα δεν έχει συγκρίνει τα αποτελέσματα διαφορετικών πρωτοκόλλων ΗΠΤ για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα [17].

Ποσοστά Θνησιμότητας Ασθενών με Χρόνια Καρδιακή Ανεπάρκεια

Η καρδιακή ανεπάρκεια έχει προσδιοριστεί ως παγκόσμια πανδημία, αφού 26 εκατομμύρια παγκοσμίως πάσχουν από καρδιακή ανεπάρκεια. Το 2012 κόστισε στο σύστημα υγείας 31 δισεκατομμύρια δολάρια, και υπολογίζεται ότι το κόστος θα αυξηθεί κατά 127% μέχρι το 2030 [6].





Εικόνα απεσπασμένη από Global Public Health Burden
Απεικόνιση του ανά έτος περιπτώσεων ασθενών καρδιακής ανεπάρκειας στην Αμερική

Παρά την εμφάνιση προόδου στη προσέγγιση, την διαχείριση, την θεραπευτική και φαρμακευτική αγωγή τα τελευταία 20 χρόνια, τα ποσοστά επιβίωσης της καρδιακής ανεπάρκειας παραμένουν χαμηλά σε ολόκληρο τον κόσμο. Η θνησιμότητα των ασθενών μέσα στον πρώτο χρόνο σε παγκόσμιο επίπεδο κυμαίνεται 17% έως και 45% , ενώ η πλειοψηφία των ασθενών καταλήγει μέσα σε 5 χρόνια ή λιγότερο από την στιγμή που τίθεται η διάγνωση της καρδιακής ανεπάρκειας. Η χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια είναι μία πάθηση, η οποία επιδεινώνεται με την πάροδο του χρόνου. Παρά την άμεση σύνδεση που υπάρχει με την αρκετά υψηλή θνησιμότητα της νόσου και τις συνεχείς βελτιώσεις τόσο στην ιατροφαρμακευτική περίθαλψη ασθενών με ΚΑ, όσο και στους μηχανισμούς πρόγνωσης άλλων ασθενειών που σχετίζονται με την καρδιά, η επιστήμη δεν έχει καταφέρει ακόμη να θεραπεύσει τη νόσο, διακόπτοντας εντελώς την πρόδό της [9].

Η Καρδιακή Ανεπάρκεια ως Κοινωνικοοικονομικό Πρόβλημα

Η αύξηση των ασθενών με καρδιακή ανεπάρκεια επιβαρύνει πολύ το οικονομικό σύστημα σε παγκόσμιο επίπεδο. Η φροντίδα των ασθενών με καρδιακή ανεπάρκεια υπολογίζεται στο 1-3% των συνολικών ιατροφαρμακευτικών εξόδων για την Βόρεια Αμερική, Δυτική Ευρώπη και Λατινική Αμερική για το 2014. Στην Αμερική η ιατροφαρμακευτική φροντίδα, οι υπηρεσίες, οι συσκευές και τα

ιατρικά προϊόντα κόστισαν 20.9 δισεκατομμύρια το 2012 και υπολογίζεται ότι θα φτάσει τα 53.1 δισεκατομμύρια μέχρι το 2030. Η καρδιακή ανεπάρκεια επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα ζωής των ασθενών. Η ικανότητα για εργασία και γενικά οι καθημερινές τους υποχρεώσεις, όπως οι μετακινήσεις και οι οικιακές δραστηριότητες είναι δύσκολο να εκτελεστούν. Εκτός από το κοινωνικοοικονομικό κόστος οι ασθενείς έχουν να αντιμετωπίσουν και το συναισθηματικό. Οι ασθενείς που πάσχουν από καρδιακή ανεπάρκεια τους διακατέχουν συναισθήματα φόβου, άγχους και κατάθλιψης. Το κοινωνικοοικονομικό και συναισθηματικό κόστος είναι επίσης υψηλό και για τους φροντιστές τους, εάν είναι μέλη της οικογένειας. Το μετρήσιμο άμεσο κόστος που φαίνεται και υπολογίζεται από τους άμεσα πάσχοντες καρδιοπαθείς είναι πολύ μεγάλο και συνεχώς αυξάνεται. Αν σε αυτό υπολογιστεί και το κόστος που δημιουργούν αυτοί οι ασθενείς και συμπεριληφθεί ότι, η διάγνωση της καρδιακής ανεπάρκειας πολλές φορές καταγράφεται ως δευτερεύουσα πάθηση ή μπορεί και να μην διαγνωστεί καθόλου, τα νούμερα θα γίνουν ακόμα μεγαλύτερα. Είναι λοιπόν ένα μεγάλο κοινωνικοοικονομικό πρόβλημα που συνεχώς διογκώνεται και χρήζει αντιμετώπισης [9].

Σκοποί της έρευνας

1. Σύγκριση της άσκησης ΗΠΤ με την MICE με βάση την αποτελεσματικότητα, τις φυσιολογικές και λειτουργικές προσαρμογές της κάθε μεθόδου.
2. Έρευνα για την εύρεση βέλτιστου/ων πρωτόκολλου/ων ΗΠΤ για την αποκατάσταση καρδιοπαθών ή οριοθέτηση εντάσεων – διάρκειας της άσκησης.
3. Σύγκριση των οξείων φυσιολογικών επιδράσεων διαφορετικών πρωτόκολλων ΗΠΤ
4. Σύγκριση των άμεσων προσαρμογών, μεταξύ, του πιο διαδεδομένου πρωτόκολλου ΗΠΤ και ενός καινοτόμου πρωτόκολλου

Σημασία της έρευνας

Η παρούσα μελέτη προσπαθεί να παρέχει μία καλύτερη αξιολόγηση για τις 2 μεθόδους αποκατάστασης ΗΠΤ και MICE. Συγκρίνει διαφορετικά πρωτόκολλα ΗΠΤ μεταξύ τους ως προς τις οξείες φυσιολογικές και λειτουργικές προσαρμογές, με σκοπό την εύρεση ενός βέλτιστου πρωτόκολλου ΗΠΤ, όπως και την οριοθέτηση έντασης διάρκειας και ανάληψης αυτού, για καλύτερη και πιο άμεση αποκατάσταση των ασθενών αυτών.

Ερευνητικές υποθέσεις

1. Η άσκηση ΗΠΤ έχει καλύτερες οξείες φυσιολογικές αποκρίσεις από την άσκηση ΜΙΣΕ
2. Η άσκηση ΗΠΤ έχει τις ίδιες προσαρμογές με την άσκηση ΜΙΣΕ στους καρδιοπαθείς
3. Διαφορετικά πρωτόκολλα και μέθοδοι ΗΠΤ έχουν τις ίδιες προσαρμογές στους ασθενείς

Μηδενικές υποθέσεις

1. Η μέθοδος αποκατάστασης ΗΠΤ δεν έχει καλύτερες οξείες φυσιολογικές και λειτουργικές προσαρμογές από την ΜΙΣΕ
2. Η άσκηση ΗΠΤ έχει διαφορετικές προσαρμογές με την άσκηση ΜΙΣΕ στους καρδιοπαθείς
3. Διαφορετικά πρωτόκολλα και μέθοδοι ΗΠΤ δεν έχουν τις ίδιες προσαρμογές στους ασθενείς

Κεφάλαιο 2: Ανασκόπηση βιβλιογραφίας



Εικόνα απεσπασμένη από onemed.gr

Ορισμός της Καρδιακής Ανεπάρκειας

Ο ορισμός της καρδιακής ανεπάρκειας είναι δύσκολο να προσδιοριστεί εξαιτίας της ευρείας μεταβλητότητας των συμπτωμάτων και των αιτιολογιών που αποτελείται. Έχουν γίνει πολλές προσπάθειες να βρεθεί ένα γενικό σύνολο κριτηρίων που περιγράφουν την καρδιακή ανεπάρκεια. Αυτά τα κριτήρια περιλαμβάνουν κλινικά, επιδημιολογικά, παθοφυσιολογικά και συναφή με την άσκηση κριτήρια που προκύπτουν από την ανταπόκριση του ασθενούς από την άσκηση [4]. Η πρώτη προσπάθεια έγινε το 1832 από τον James Hope που πρότεινε τον ορισμό της οπισθοδρομικής καρδιακής ανεπάρκειας που συμβαίνει εξαιτίας του “μπλοκαρίσματος του αίματος” (έκφραση του Braunwald) πίσω από μία ή και τις δύο κοιλίες της καρδιάς. Το 1913 ο James McKenzie πρότεινε ότι τα κλινικά συμπτώματα της καρδιακής ανεπάρκειας συνέβαιναν εξαιτίας της αδυναμίας της καρδιάς να αποστείλει αρκετή ποσότητα αίματος στους ιστούς και στα όργανα του σώματος. Παρατηρείται ότι και οι δύο περιγραφές είναι κατευθυντικοί χαρακτηρισμοί μίας κατάστασης, δίνοντας έμφαση στα συμπτώματα της καρδιακής ανεπάρκειας χωρίς να υπάρχει κάποιος σαφής ορισμός. Με την πρόοδο της ιατρικής έγιναν περισσότερο κατανοητά τα συμπτώματα και οι αιτίες που προκαλούν τις καρδιοπάθειες. Συνειδητοποιήθηκε ότι υπάρχει μία λεπτή αλληλεπίδραση μεταξύ καρδιακής εξόδου και διάχυσης των ιστών και έτσι οι προηγούμενες έννοιες τροποποιήθηκαν. Ανακαλύφθηκε, επίσης,

ότι τα συμπτώματα μπορεί να έχουν αναπτυχθεί αργά σε διάστημα αρκετών μηνών. Ο τραυματισμός του μυοκαρδίου είναι σταθερά προοδευτικός και με την πάροδο του χρόνου προκαλείται σταδιακή κλινική επιδείνωση και γι' αυτό είναι απαραίτητο να γίνεται αξιολόγηση των ασθενών νωρίτερα [3]. Η διάγνωση της καρδιακής ανεπάρκειας (HF) μπορεί να είναι δύσκολη, καθώς πολλά από τα συμπτώματα της καρδιακής ανεπάρκειας (HF) δεν γίνονται αντιληπτά και, επομένως, είναι περιορισμένης διαγνωστικής αξίας. Πολλά από τα σημάδια της καρδιακής ανεπάρκειας προκύπτουν από την κατακράτηση νατρίου και νερού και υποχωρούν γρήγορα με διουρητική θεραπεία, δηλαδή μπορεί να απουσιάζουν σε ασθενείς που λαμβάνουν τέτοιου είδους θεραπεία. Η απόδειξη μιας υποκείμενης καρδιακής αιτίας είναι επομένως κεντρική για τη διάγνωση της HF [20].

Επομένως είναι αναγκαίος ένας ορισμός ο οποίος θα χωρίζει τις ομάδες ασθενών και θα μπορεί να ανιχνεύει την καρδιακή ανεπάρκεια σε πρώιμο στάδιο έτσι, ώστε να βελτιστοποιήσει την θεραπεία αυτών των ασθενών. Στην ανάγκη αυτή για έναν ορισμό, οι εκδότες της Καρδιαγγειακής Έρευνας, πραγματοποίησαν μία έρευνα αποστέλλοντας ένα γράμμα στους ενεργούς αναγνώστες. Βέβαια το γεγονός της αποχής της πλειοψηφίας και της έλλειψης ομοφωνίας σε όσες απαντήσεις λήφθηκαν καταδεικνύει την δυσκολία του καθορισμού ενός ορισμού για την καρδιακή ανεπάρκεια. Κατά συνέπεια, δεν υπάρχει κάποιο ενιαίο σύστημα ταξινόμησης για τα αίτια που δημιουργούν καρδιακή ανεπάρκεια [4]. Για όλους αυτούς τους λόγους η κατηγοριοποίηση των ασθενών έχει γίνει σύμφωνα με τα συμπτώματα και σύμφωνα με το κλάσμα εξώθησης της αριστερής κοιλίας (Left Ventricular Ejection Fraction- LVEF) που δείχνει την λειτουργικότητα- δύναμη της καρδιάς, η οποία αναλύεται παρακάτω. Το NYHA (New York Heart Assosiation) είναι το σύστημα που πρώτο δημιουργήθηκε για να ποσοτικοποιήσει τον βαθμό της Καρδιακής Ανεπάρκειας και είναι αυτό που χρησιμοποιείται συνήθως γι' αυτόν τον σκοπό. Αυτό ταξινομεί τους ασθενείς σε 4 λειτουργικές τάξεις σε συνάρτηση με τον βαθμό προσπάθειας που χρειάζεται για να παρουσιάσουν συμπτώματα, δηλαδή κατηγοριοποιούνται με βάση την βαρύτητα των συμπτωμάτων τους [5].

Οι τέσσερις αυτές κατηγορίες είναι:

Κατηγορία I: παρ' όλο που ο ασθενής έχει καρδιακή ανεπάρκεια, δεν παρουσιάζει κανέναν περιορισμό φυσικής δραστηριότητας, όπως κόπωση ή δύσπνοια.

Κατηγορία II: εδώ κατατάσσονται οι ασθενείς που παρουσιάζουν ελαφρύ περιορισμό στην φυσική τους δραστηριότητα και νιώθουν άνετα στην ηρεμία. Δεν έχουν συμπτώματα καρδιακής ανεπάρκειας σε ήρεμη κατάσταση.

Κατηγορία III: σε αυτή την κατηγορία οι ασθενείς παρουσιάζουν σημαντικό περιορισμό στην φυσική δραστηριότητα . Πιο ήπια από την συνήθη φυσιολογική δραστηριότητα οδηγεί σε κόπωση, ταχυκαρδία και δύσπνοια. Και εδώ έχουμε απουσία συμπτωμάτων στην ηρεμία.

Κατηγορία IV: στην τέταρτη κατηγορία οι ασθενείς παρουσιάζουν συμπτώματα στην ηρεμία. Οποιαδήποτε φυσική δραστηριότητα συνοδεύεται με επίταση της συμπτωματολογίας.

Class I	No limitation of physical activity. Ordinary physical activity does not cause undue breathlessness, fatigue, or palpitations.
Class II	Slight limitation of physical activity. Comfortable at rest, but ordinary physical activity results in undue breathlessness, fatigue, or palpitations.
Class III	Marked limitation of physical activity. Comfortable at rest, but less than ordinary physical activity results in undue breathlessness, fatigue, or palpitations.
Class IV	Unable to carry on any physical activity without discomfort. Symptoms at rest can be present. If any physical activity is undertaken, discomfort is increased.

Εικόνα απεσπασμένη από ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012

Ο τρέχων ορισμός για την καρδιακή ανεπάρκεια περιορίζεται σε στάδια στα οποία είναι εμφανή τα κλινικά συμπτώματα. Προτού καταστούν εμφανή τα κλινικά συμπτώματα, οι ασθενείς μπορούν να παρουσιάσουν ασυμπτωματικές δομικές ή λειτουργικές καρδιακές ανωμαλίες, δηλαδή συστολική ή διαστολική δυσλειτουργία της αριστερής κοιλίας (LV), οι οποίες είναι προάγγελοι της καρδιακής ανεπάρκειας. Η αναγνώριση αυτών των ασυμπτωματικών ανωμαλιών είναι σημαντική, επειδή σχετίζονται με άσχημα αποτελέσματα. Αυτό είναι κρίσιμο γιατί η έναρξη της θεραπείας στο πρώιμο στάδιο είναι δυνατό να μειώσει τη θνησιμότητα σε ασθενείς με ασυμπτωματική συστολική δυσλειτουργία [7].

Ορολογία Καρδιακής Ανεπάρκειας και Συσχετισμός με το κλάσμα εξώθησης της αριστερής κοιλίας

Η καρδιακή ανεπάρκεια μπορεί να οριστεί ως μια ανωμαλία της καρδιακής δομής ή λειτουργίας που οδηγεί σε αποτυχία της καρδιάς να παρέχει οξυγόνο με ρυθμό ανάλογο με τις απαιτήσεις των μεταβολιστικών ιστών παρά τις κανονικές πιέσεις πλήρωσης (ή μόνο εις βάρος των αυξημένων πιέσεων πλήρωσης). Η καρδιακή ανεπάρκεια (Heart Failure - HF) κλινικά ορίζεται ως σύνδρομο στο οποίο οι ασθενείς έχουν τυπικά συμπτώματα που προκύπτουν από μια ανωμαλία της καρδιακής δομής ή λειτουργίας. Η κύρια ορολογία που χρησιμοποιείται για την περιγραφή της καρδιακής ανεπάρκειας είναι ιστορική και βασίζεται στη μέτρηση του κλάσματος εξώθησης της αριστερής κοιλίας (Left Ventricular Ejection Fraction) [20]. Το κλάσμα εξώθησης αριστερής κοιλίας περιγράφηκε για πρώτη φορά από τον Eugene Braunwald το 1962 και χρησιμοποιείται έως και σήμερα στους περισσότερους ασθενείς που είναι ύποπτοι για καρδιακή ανεπάρκεια [21]. Επίσης, θεωρείται σημαντικό στην καρδιακή ανεπάρκεια, όχι μόνο λόγω της προγνωστικής του σημασίας (όσο χαμηλότερο είναι το EF τόσο φτωχότερη είναι η επιβίωση), αλλά και επειδή οι περισσότερες κλινικές δοκιμές επέλεξαν ασθενείς με βάση το κλάσμα εξώθησης (Ejection Fraction – EF).



Εικόνα απεσπασμένη από US National Library of Medicine, National Institutes of Health

Dr Braunwald in the 1960s with ECG Tracing (ιχνηλασία ηλεκτροκαρδιογράφηματος)

Κλάσμα Εξώθησης Αριστερής Κοιλίας, Ορισμός

Μαθηματικά, το κλάσμα εξώθησης (EF) είναι ο όγκος παλμού διαιρεμένος με την ποσότητα του αίματος στο τέλος της διαστολής. Ο όγκος παλμού (Stroke Volume – SV), είναι η διαφορά μεταξύ της ποσότητας του αίματος που βρίσκεται στην αριστερή κοιλία στο τέλος της διαστολής μείον την

συνολική ποσότητα του αίματος της αριστερής κοιλίας στο τέλος της συστολής.

Σε ασθενείς με μειωμένη συστολή και εκκένωση της αριστερής κοιλίας, δηλαδή σύμφωνα με συστολική δυσλειτουργία, ο όγκος παλμού διατηρείται με αύξηση του τελικού διαστολικού όγκου (επειδή η αριστερή κοιλία διαστέλλεται), δηλαδή η καρδιά εκτοξεύει ένα μικρότερο κλάσμα μεγαλύτερου όγκου. Όσο πιο σοβαρή είναι η συστολική δυσλειτουργία, τόσο περισσότερο μειώνεται το κλάσμα εξώθησης από το φυσιολογικό και, γενικά, τόσο μεγαλύτερος είναι ο τελικός- διαστολικός και τελικός- συστολικός όγκος.

Συνοψίζοντας η καρδιακή ανεπάρκεια αποτελεί ένα πολύπλοκο σύνδρομο που χαρακτηρίζεται από την ελαττωμένη συσταλτική ικανότητα της καρδιάς. Πρόκειται για μία σοβαρή ιατρική κατάσταση κατά την οποία η καρδιά δεν αντλεί αίμα στο σώμα βάσει των αναγκών του ή/ και δεν επιστρέφει και αρκετό αίμα στην καρδιά περιμένοντας ένα δυνατό «τράβηγμα» που δεν έρχεται. Αυτό σημαίνει ότι το αίμα δεν μπορεί να παραδώσει επαρκές οξυγόνο και θρεπτικά συστατικά στο σώμα, ώστε να διατελέσει σωστά τις λειτουργίες του [6]. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει ένα αίσθημα κόπωσης, εξάντλησης και δύσπνοιας. Σημαίνει, επίσης, ότι τα απόβλητα του σώματος δεν μπορούν να απορριφθούν σωστά, με αποτέλεσμα την συσσώρευση υγρών στους πνεύμονες και σε άλλα μέρη του σώματος, όπως τα πόδια και την κοιλιά. Η καρδιακή ανεπάρκεια κατηγοριοποιείται με βάση το κλάσμα εξώθησης αριστερής κοιλίας (LVEF), έναν τρόπο με τον οποίο υπολογίζεται απεικονιστικά η δύναμη της συστολής της καρδιάς. Το φυσιολογικό όριο στο κλάσμα εξώθησης αριστερής κοιλίας είναι μεγαλύτερο ή ίσο του 50% [7, 8].

Προσφάτως και για τους παραπάνω λόγους που αναλύσαμε, η καρδιακή ανεπάρκεια χωρίστηκε σε τρεις υποκατηγορίες:

Κατηγορία I: καρδιακή ανεπάρκεια με διατηρημένο κλάσμα εξώθησης (HFpEF) ≥ 50

Κατηγορία II: καρδιακή ανεπάρκεια με ενδιάμεσο κλάσμα εξώθησης (HFmrEF) =40%- 49%

Κατηγορία III: καρδιακή ανεπάρκεια με μειωμένο κλάσμα εξώθησης αν είναι κάτω από (HFrfEF) 40%

Το σύνδρομο της καρδιακής ανεπάρκειας εμφανίζεται ως ένα σύνολο συμπτωμάτων και φυσικών ευρημάτων που αλληλεπιδρούν για να δημιουργήσουν ένα χαρακτηριστικό πορτρέτο. Αυτά τα συμπτώματα και τα ευρήματα αντιπροσωπεύουν μια περίπλοκη αλληλοσύνδεση γεγονότων. Η διαγνωστική αξιολόγηση της καρδιακής ανεπάρκειας πρέπει να λάβει αυτό το γεγονός υπόψη της. Δεδομένου ότι η προσοχή πρέπει να επικεντρωθεί όχι μόνο σε υποκείμενους παράγοντες, αλλά και στον τύπο της κοιλιακής δυσλειτουργίας που εμφανίζεται, τις αιμοδυναμικές ανωμαλίες και τις μεταβολικές αλλαγές που αναπτύσσονται.

Αιτίες Καρδιακής Ανεπάρκειας

Η καρδιακή ανεπάρκεια οφείλεται σε πολλές αιτίες. Οι κυριότερες είναι οι εξής:

- Προηγούμενες καρδιακές προσβολές.

Μία από τις αρτηρίες που τροφοδοτούν τον καρδιακό μυ με αίμα έχει αποφραχθεί πλήρως διακόπτοντας την παροχή αίματος. Αυτό σημαίνει ότι το οξυγόνο και τα θρεπτικά συστατικά δεν μπορούν να φτάσουν στα κύτταρα εκείνου του τμήματος του καρδιακού μυός προκαλώντας τον θάνατο αυτών των κυττάρων. Αυτό έχει ως συνέπεια το υπόλοιπο υγιές τμήμα του καρδιακού μυ να λειτουργεί πιο έντονα για να αντισταθμίσει, υποβάλλοντας την καρδιά σε υψηλότερο φόρτο από αυτόν που μπορεί να διαχειριστεί.

- Στεφανιαία νόσος.

Μία ή περισσότερες από τις στεφανιαίες αρτηρίες έχουν υποστεί στένωση λόγω συσσώρευσης μάζας (πλάκας). Αυτή η στένωση μειώνει την ποσότητα οξυγόνου και θρεπτικών συστατικών που μπορεί να φτάσει στον καρδιακό μυ προκαλώντας στηθάγχη.

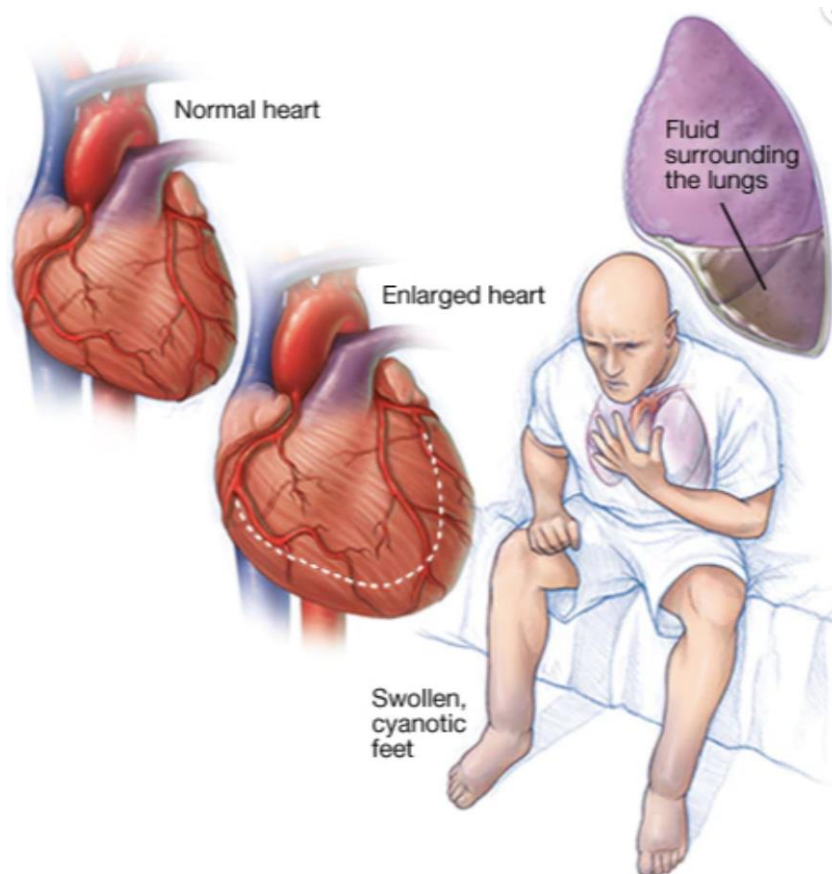
- Υψηλή αρτηριακή πίεση
Η καρδιά εξωθεί το αίμα υπό μεγάλη πίεση, όταν υπάρχει υπέρταση. Αυτό οδηγεί σε υπερτροφία του καρδιακού μυός, με αποτέλεσμα ο καρδιακός μυς γίνεται πιο παχύς και δύσκαμπτος και να μειώνεται η συσταλτική λειτουργία της καρδιάς.
- Βαλβιδοπάθειες
Οι βαλβίδες στην καρδιά εμποδίζουν το αίμα να ρέει προς λανθασμένη κατεύθυνση μέσω της καρδιάς. Εάν οι βαλβίδες δεν λειτουργούν σωστά, δεν κλείνουν (οδηγώντας σε διαρροή αίματος) ή δεν ανοίγουν τελείως (καθιστώντας τις πολύ στενές), η καρδιά πρέπει να λειτουργεί πιο έντονα για να διασφαλίσει ότι κινείται αρκετό αίμα προς τη σωστή κατεύθυνση.
- Αρρυθμίες
Όταν υπάρχουν καρδιακές αρρυθμίες, ο καρδιακός ρυθμός μπορεί να είναι πολύ γρήγορος, πολύ αργός ή ακανόνιστος.
- Μυοκαρδιοπάθειες ή Φλεγμονή του καρδιακού μυ
Τόσο η καρδιακή μυϊκή νόσος (μυοκαρδιοπάθεια) όσο και η φλεγμονή του καρδιακού μυός

(μυοκαρδίτιδα) επηρεάζουν τον καρδιακό μυ. Η μυοκαρδιοπάθεια αλλάζει τη δομή της καρδιάς. Ο μυς μπορεί να παχύνει και να γίνει πιο σκληρός ή η καρδιά μπορεί να διασταλεί. Η μυοκαρδίτιδα είναι μια οξεία φλεγμονή του καρδιακού μυός, που συνήθως προκαλείται από ιογενή λοίμωξη, συμπεριλαμβανομένου του COVID-19. Η οξεία φλεγμονή μπορεί να οδηγήσει σε διατακτική μυοκαρδιοπάθεια (η αριστερή κοιλία μεγαλώνει, με καρδιολογικούς όρους διατείνεται, και το όνομά της περιγράφει ακριβώς τη μορφολογία που αποκτά η αριστερή κοιλία).

- Πνευμονοπάθειες

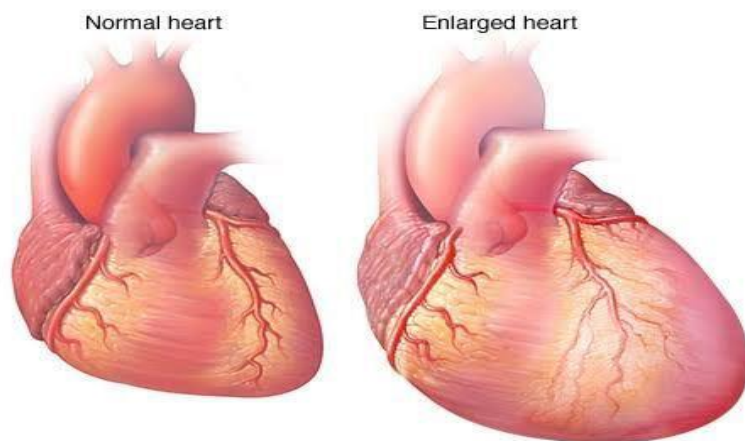
Εάν υπάρχει πάθηση των πνευμόνων, μπορεί να καθιστά δύσκολη την εισπνοή οξυγόνου και την αποβολή διοξειδίου του άνθρακα. Ως εκ τούτου, υπάρχει λιγότερο οξυγόνο στο αίμα και ο καρδιακός μυς πρέπει να δουλέψει πιο έντονα για να διανείμει το διαθέσιμο οξυγόνο στο σώμα. Αυτή η αυξημένη ζήτηση μπορεί να προκαλέσει καρδιακή ανεπάρκεια. Η καρδιακή ανεπάρκεια που προκαλείται από πάθηση των πνευμόνων επηρεάζει συνήθως τη δεξιά πλευρά της καρδιάς και ως εκ τούτου ονομάζεται δεξιά καρδιακή ανεπάρκεια. Όταν η δεξιά κοιλία αδυνατεί να εξωθήσει επαρκώς το αίμα, υπάρχει κατακράτηση υγρών στην κοιλιά (ασκίτης) και στα κάτω άκρα (οιδήματα κάτω άκρων).

- Άλλες αιτίες επίσης είναι οι συγγενείς καρδιακές παθήσεις (εκ γενετής ανωμαλίες) και η χρήση τοξικών ουσιών.



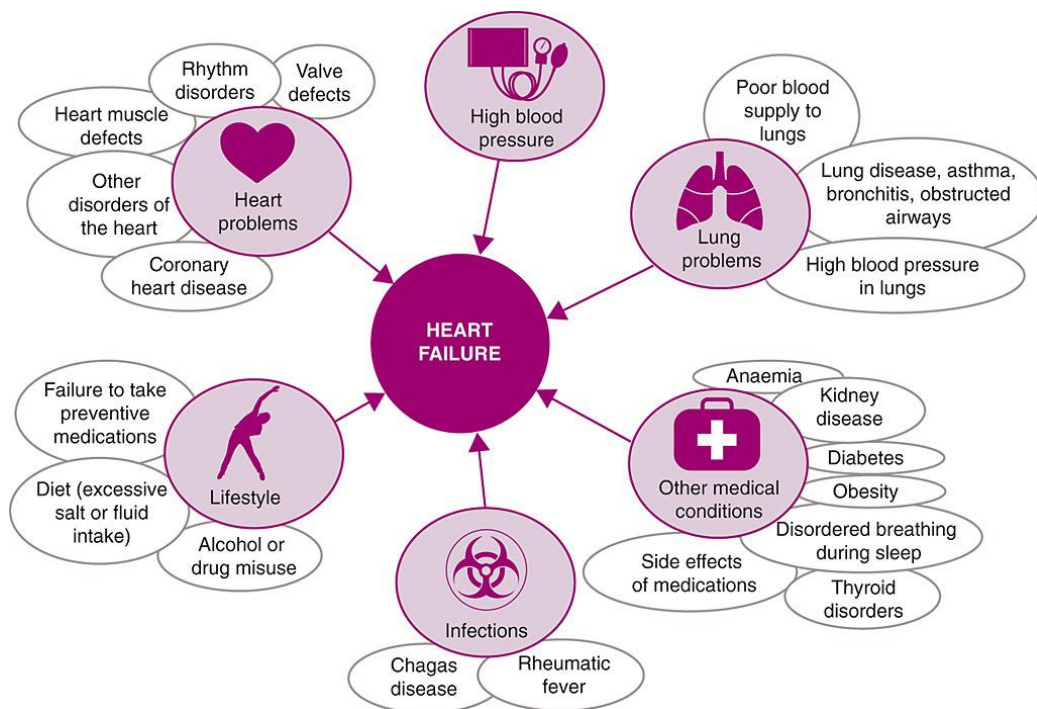
© MAYO FOUNDATION FOR MEDICAL EDUCATION AND RESEARCH. ALL RIGHTS RESERVED.

Εικόνα προσαρμοσμένη από Mayo Clinic Healthy Heart for lif



© MAYO FOUNDATION FOR MEDICAL EDUCATION AND RESEARCH. ALL RIGHTS RESERVED.

Εικόνα προσαρμοσμένη από MayoClinic Healthy Heart fo life
Μεγαλοκαρδία. Η διευρυμένη καρδιά δεν αποτελεί πάθηση, αλλά σύμπτωμα ενός υποκείμενου προβλήματος που έχει ως αποτέλεσμα η καρδιά να δουλεύει περισσότερο. Όσο η καρδιά αποδυναμώνεται τόσο μεγαλώνει.



Εικόνα απεσπασμένη από ESC: heart failure preventing disease and death worldwide

Στην εικόνα απεικονίζονται οι συνήθεις αιτίες καρδιακής ανεπάρκειας

Συμπτώματα Καρδιακής ανεπάρκειας:

- Δύσπνοια είτε με φυσική δραστηριότητα είτε χωρίς
- Κόπωση και αδυναμία
- Ακανόνιστος καρδιακός ρυθμός
- Μειωμένη ικανότητα για άσκηση
- Επίμονος βήχας με λευκό ή ροζ φλέμα
- Αυξημένη ανάγκη για ούρηση το βράδυ
- Πρήξιμο της κοιλιάς (ασκίτης)
- Πολύ γρήγορη αύξηση βάρους από κατακράτηση υγρών
- Απώλεια όρεξης και ναυτία
- Δυσκολία συγκέντρωσης ή μειωμένη αντίδραση
- Απότομη δυσκολία αναπνοής και βήχας ροζ αφρώδου φλέματος
- Στηθάγχη

Symptoms	Signs
Typical	More specific
Breathlessness Orthopnoea Paroxysmal nocturnal dyspnoea Reduced exercise tolerance Fatigue, tiredness, increased time to recover after exercise Ankle swelling	Elevated jugular venous pressure Hepatojugular reflux Third heart sound (gallop rhythm) Laterally displaced apical impulse
Less typical	Less specific
Nocturnal cough Wheezing Bloating feeling Loss of appetite Confusion (especially in the elderly) Depression Palpitations Dizziness Syncope Bendopnea ⁵³	Weight gain (>2 kg/week) Weight loss (in advanced HF) Tissue wasting (cachexia) Cardiac murmur Peripheral oedema (ankle, sacral, scrotal) Pulmonary crepitations Reduced air entry and dullness to percussion at lung bases (pleural effusion) Tachycardia Irregular pulse Tachypnoea Cheyne Stokes respiration Hepatomegaly Ascites Cold extremities Oliguria Narrow pulse pressure

Εικόνα απεσπασμένη από ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012

Μολονότι δεν είναι όλες οι καταστάσεις που οδηγούν σε καρδιακή ανεπάρκεια αναστρέψιμες, οι υπάρχουσες θεραπείες μπορούν να βελτιώσουν τα συμπτώματα και την ποιότητα ζωής του ασθενούς, να μειώσουν τις νοσηλείες και να αυξήσουν το προσδόκιμο ζωής [8].

Ιστορική ανασκόπηση της φυσικής δραστηριότητας σε άτομα με καρδιακή ανεπάρκεια

Το 1772 ο Heberden (περιέγραψε το 1768 την στηθάγχη) ανέφερε μία υπόθεση ενός ασθενή που βελτιώθηκε δουλεύοντας στο δάσος μισή ώρα την μέρα. Παρά την παρουσίαση κάποιων στοιχείων για τα πλεονεκτήματα της άσκησης, επιβαλλόταν ακινησία σε ασθενείς στεφανιαία επεισόδια, που είχε ως συνέπεια μεγάλης μείωσης στην φυσική κατάσταση μείωση της λειτουργικότητας και παράταση της διαμονής στο νοσοκομείο. Η λανθασμένη αυτή προσέγγιση ενισχύθηκε από τον Herrick το 1912. Το 1930 οι ασθενείς με οξεία στεφανιαία επεισόδια, του επιβαλλόταν ακινησία έξι

εβδομάδων. Το 1940 παρουσιάστηκε η θεραπεία σε καρέκλα. Το 1950, επιτρεπόταν ένας πολύ μικρός σύντομος περίπατος τρία έως πέντε λεπτά, τέσσερις εβδομάδες αργότερα από την εμφάνιση στεφανιαίου επεισοδίου [14]. Παρά την ισχυρή αντίθεση για την πρόωμη επανένταξη στις καθημερινές δραστηριότητες, ο Morris το 1953 απέδειξε ότι γενικά η φυσική δραστηριότητα βοηθάει τους ασθενείς με την εν λόγω πάθηση. Ο Jerry Morris ήταν ο πρώτος που ανέλυσε δεδομένα για άσκηση και καρδιαγγειακές παθήσεις, τα δεδομένα αυτά “άλλαξαν την Ιατρική”. Τα πρώτα αποτελέσματα συλλέχτηκαν από τους οδηγούς διώροφων λεωφορείων το 1949. Ο Morris παρατήρησε ότι υπήρχε εκπληκτική διαφορά στα εμφράγματα μεταξύ των οδηγών και των ελεγκτών των διώροφων λεωφορείων. Οι οδηγοί λεωφορείων πεθαίνουν πολύ πιο συχνά από στεφανιαία θρόμβωση σε αντίθεση με τους ελεγκτές τους. Οι οδηγοί και οι ελεγκτές ήταν της ίδιας κοινωνικής τάξης. Υπήρχε μία εμφανής διαφορά που παρατήρησε ο Morris, και αυτή ήταν η φυσική δραστηριότητα. Οι ελεγκτές ανέβαιναν τουλάχιστον 600 σκαλιά κατά την διάρκεια της εργασίας τους. Το ίδιο παρατήρησε και στους κυβερνητικούς υπαλλήλους, οι οποίοι νοσούσαν πιο συχνά από καρδιακό έμφραγμα σε σχέση με τους ταχυδρόμους που είτε περπάταγαν είτε έκαναν ποδήλατο. Βάση αυτών των παρατηρήσεων και άλλων παρόμοιων δημιουργήθηκε η υπόθεση ότι στα άτομα που η εργασία τους έχει φυσική δραστηριότητα, παρατηρούνται λιγότερα περιστατικά στεφανιαίας νόσου και κυρίως, οι καρδιαγγειακές παθήσεις δεν είναι τόσο κρίσιμες, αλλά όταν παρουσιάζονται έχουν πιο ήπια μορφή. Για να αποδειχθεί η υπόθεση αυτή, μελετήθηκε η μορφολογία της καρδιάς σε πέντε χιλιάδες θανόντες ασθενείς από 206 διαφορετικά νοσοκομεία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, οι καρδιοπάθειες εμφανίζονται πιο συχνά στα άτομα με χαμηλής δραστηριότητας εργασία σε σχέση με τις πιο απαιτητικές σε φυσική δραστηριότητα δουλειές, εμφανίζονται αργότερα και επιπλέον όταν εμφανιστούν είναι λιγότερο σοβαρές. Η καρδιά παρουσίασε διαφορές στην μορφολογία της, μεταξύ των επαγγεμάτων με έντονη δραστηριότητα και των επαγγελματιών ήπιας δραστηριότητας. Η καρδιά βρισκόταν σε καλύτερη κατάσταση είχε λιγότερη μυοκαρδιακή ίνωση και παραμορφώσεις στα υψηλά σε φυσική δραστηριότητα επαγγέλματα. Ο Jeremy Morris πέθανε σε ηλικία ενενήντα εννιά και 1/2 ετών αφήνοντας πίσω του ένα πολύ μεγάλο έργο [10, 11, 12]. Το 1968 ο Saltin et al. στην έρευνα “Dallas Bed Rest and Exercise” που δημοσίευσε, παρότι μικρή, παρείχε δυνατές αποδείξεις για την σημαντικότητα της άσκησης, αλλά και για την επιβλαβή επίδραση που έχει η παρατεταμένη ξεκούραση στο κρεβάτι. Το 1966 ο Saltin πραγματοποίησε μία έρευνα κατά την οποία 5 άτομα πέρασαν τρεις εβδομάδες σε πλήρη ξεκούραση στο κρεβάτι. Κατά τον ίδιο τρόπο οι τότε κλινικές αντιμετώπιζαν το έμφραγμα του μυοκαρδίου, αφού η μοναδική φυσική δραστηριότητα που επιτρεπόταν μέχρι τότε σε καρδιοπαθείς ήταν ένας πολύ μικρός περίπατος 3 έως 5 λεπτά στο διάστημα των τεσσάρων εβδομάδων μετά την εκδήλωση της στεφανιαίας νόσου [14]. Μετά την πλήρη ξεκούραση των τριών εβδομάδων τους υπέβαλε σε ένα πρόγραμμα εντατικής άσκησης αντοχής. Η καρδιοπνευμονική λειτουργία αξιολογήθηκε καθορίζοντας την μέγιστη πρόσληψη

οξυγόνου (Vo_{2max}), κατά την διάρκεια της μέγιστης καρδιοαναπνευστικής προσπάθειας που οδηγεί στην εξάντληση, μετριέται η ικανότητα του κυκλοφορικού και αναπνευστικού συστήματος. Ο μέσος όρος της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου μετά την πλήρη ακινησία μειώθηκε κατά 27% ενώ μετά από άσκηση υπομέγιστων εντάσεων αυξήθηκε κατά 45%. Η μέγιστη ποσότητα αίματος (καρδιακή απόδοση) μειώθηκε κατά 26% κατά την πλήρη ακινησία και αυξήθηκε κατά 40% μετά από την άσκηση. Επίσης μειώθηκε κατά πολύ η ικανότητα για άσκηση, ο μέσος καρδιακός σφυγμός σε υπομέγιστα φορτία ήταν 129 χτύπους το λεπτό (bpm), ενώ μετά την πλήρη ακινησία ο καρδιακός σφυγμός έφτασε τους 164. Μετά την άσκηση ο καρδιακός σφυγμός έπεσε στους 115 bpm. Το ίδιο συνέβη και στην πίεση του αίματος για το ίδιο έργο, δηλαδή υπήρχε αύξηση της πίεσης μετά την πλήρη ξεκούραση και μείωση μετά την άσκηση. Αυτή η έρευνα ήταν εξαιρετικά σημαντική, γιατί άλλαξε σχεδόν άμεσα τον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπιζόνταν οι καρδιοπαθείς μέχρι τότε [13].

Οι έρευνες των Braunwald, Sarnoff, Sonnenblick, Hellerstein, Naughton και πολλών άλλων βοήθησαν στην ανάδειξη των ωφελειών της βασικής άσκησης, που αργότερα οδήγησε στην ανάπτυξη προγραμμάτων αποκατάστασης με πολυτομεακή προσέγγιση σε καρδιοπαθείς [14]. Στη δεκαετία του 1950, ο Herman Hellerstein παρουσίασε τις ιδέες του για την ολοκληρωμένη αποκατάσταση ασθενών που αναρρώνουν από οξεία καρδιακά επεισόδια, χρησιμοποιώντας μια διεπιστημονική ομάδα. Η προσέγγισή του έχει υιοθετηθεί από τις περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες, με διαφορετικές ταχύτητες και ενθουσιασμό [13]. Παρ' όλη την επιτυχία αυτών των ερευνών η καρδιολογική κοινωνία δεν υποστήριξε αυτά τα ευρήματα, αντί αυτού στράφηκε σε νέες τεχνολογίες, όπως το ηχοκαρδιογράφημα και την στεφανιαία αγγειογραφία. Η δημιουργία νέων πιο δυνατών φαρμάκων, όπως οι β-αναστολείς, οι αναστολείς ασβεστίου και τα θρομβολυτικά έγιναν η πρότυπη θεραπευτική μέθοδος και αυτό συνέβη, διότι οι καρδιολόγοι επικεντρώθηκαν σε άμεσα και βραχυπρόθεσμα αποτελέσματα [12]. Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1980, η καρδιακή ανεπάρκεια (HF) θεωρούνταν ευρέως ως κλασική αντένδειξη για προπόνησης με την προϋπόθεση ότι οι ασθενείς με σοβαρά μειωμένο κλάσμα εξώθησης της αριστερής κοιλίας (LVEF) είχαν υπερβολικό κίνδυνο για νοσηρότητα και θνησιμότητα που σχετίζεται με την άσκηση. Στην 3η έκδοση του εγχειριδίου καρδιακών παθήσεων του Braunwald που δημοσιεύθηκε το 1988, μπορούσε κανείς να διαβάσει: «Η μειωμένη σωματική δραστηριότητα είναι κρίσιμη για τη φροντίδα ασθενών με HF καθ' όλη τη διάρκεια της πορείας τους». Αυτός ο φόβος υποστηρίχθηκε από μια μη τυχαιοποιημένη μελέτη που υποστήριξε ότι μετά από ένα πρόγραμμα άσκησης χαμηλού επιπέδου 12 εβδομάδων, υπήρχε ανεπιθύμητη καρδιακή αναδιαμόρφωση σε ασθενείς με πρόσφατο έμφραγμα του μυοκαρδίου (Jugdutt et al., 1988) [17]. Η αρχική δοκιμή – ορόσημο που άλλαξε την μεταχείριση ασθενών με καρδιοπάθεια διεξήχθη από τους Sullivan et al. το 1988. Η έρευνα αυτή απέδειξε τις ευεργετικές ιδιότητες της τακτικής άσκησης σε καρδιοπαθείς, και επιβεβαίωσε προηγούμενες έρευνες που είχαν υποδείξει ότι η προπόνηση συμβάλλει στην αύξηση της φυσικής δραστηριότητας σε διάρκεια και στην βελτίωση της λειτουργικής τάξης των ασθενών με

καρδιακή δυσλειτουργία. Οι κινητικοί ασθενείς με χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια μπορούν να επιτύχουν σημαντικές προπονητικές προσαρμογές μέσω ενός προγράμματος βελτίωσης της φυσικής κατάστασης. Η χρόνια άσκηση συμβάλλει στην αύξηση του VO_{2peak}, την αύξηση της αρτιοφλεβικής διαφοράς οξυγόνου (Avo₂) και προκαλεί πολλές σημαντικές περιφερικές προσαρμογές που συμβάλλουν στην βελτίωση της απόδοσης της άσκησης. Η έρευνα αυτή ήταν η πρώτη (ή μία από τις πρώτες) που υπέδειξε την μείωση των επιπέδων συσσώρευσης γαλακτικού οξέως στο αίμα κατά την διάρκεια της άσκησης [16]. Οι πρώτες μελέτες που έδειξαν τα οφέλη της καρδιακής αποκατάστασης σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια ήταν μικρές, μονοκεντρικές με αμφισβητούμενα αποτελέσματα [14]. Εν συνεχεία, μία μετά-ανάλυση εννέα τυχαιοποιημένων ερευνών έδειξε ότι δεν υπάρχουν στοιχεία ότι τα κατάλληλα ελεγχόμενα προγράμματα ιατρικής εκπαίδευσης για ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια μπορεί να είναι επικίνδυνα, και ότι πράγματι, υπάρχουν σαφείς ενδείξεις συνολικής μείωσης της θνησιμότητας. Επισημάνε επίσης ότι η άσκηση βελτιώνει σημαντικά το χρόνο επιβίωσης σε ασθενείς με χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια λόγω συστολικής δυσλειτουργίας της αριστερής κοιλίας και ο χρόνος εισαγωγής στο νοσοκομείο επεκτάθηκε επίσης σημαντικά [18]. Αρκετές συστηματικές αναθεωρήσεις και μετα- αναλύσεις μικρών μελετών έχουν δείξει ότι η προπόνηση βελτιώνει την ανοχή στην άσκηση, την ποιότητα ζωής που σχετίζεται με την υγεία και τα ποσοστά νοσηλείας HF σε ασθενείς με HF [20]. Η μεγαλύτερη πολυκεντρική, τυχαιοποιημένη, ελεγχόμενη δοκιμή αερόβιας άσκησης HF-ACTION (Heart Failure – A Controlled Trial Investigating Outcomes of Exercise Training) 2.331 ασθενών από 82 κέντρα στην Αμερική, στον Καναδά και στην Γαλλία, με κλάσμα εξώθησης 35% ή λιγότερο δημοσιεύθηκε το 2009 στην οποία εξετάστηκαν για πρώτη φορά η επίδραση της άσκησης στο συνδυασμένο πρωταρχικό και τελικό σημείο όλων των αιτιών θανάτου ή νοσηλείας όλων των αιτιών σε ασθενείς με συστολική δυσλειτουργία της αριστερής κοιλίας. Σημειώθηκαν μέτρια αλλά σημαντικά οφέλη που σχετίζονται με την αερόβια προπόνηση μέτριας έντασης. Σημειώθηκε μείωση, τόσο για τη θνησιμότητα όλων των αιτιών όσο και για νοσηλεία και για καρδιαγγειακή θνησιμότητα ή νοσηλεία με καρδιακή ανεπάρκεια [19]. Ο τρόπος προπόνησης που χρησιμοποιήθηκε στη συντριπτική πλειονότητα αυτών των μελετών, συμπεριλαμβανομένης της HF-ACTION (Heart Failure: A Controlled Trial Investigating Outcomes of Exercise Training) , ήταν συνεχής αερόβια άσκηση μέτριας έντασης (Moderate Intensity Continuous Exercise - MICE), η οποία ως εκ τούτου αποτελεί τη βάση των θεραπευτικών θεραπειών σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια (HF).

Για πρώτη φορά το 2012, η Ευρωπαϊκή Εταιρεία Καρδιολογίας αναγνώρισε την αερόβια άσκηση ως συνιστώμενη άσκηση για καρδιοπαθείς. Μια σύσταση σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια (HF), η οποία αποτελεί πλήρη μετατόπιση της έρευνας σε λιγότερο από 25 χρόνια [17].

Ιστορική ανασκόπηση της Διαλειμματικής Άσκησης ΗΠΤ

Η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης (ΗΠΤ), εφαρμόζεται σε αγωνιστικά αθλήματα για περισσότερα από 100 χρόνια. Η ΗΠΤ αποτελείται από εναλλασσόμενες περιόδους υψηλής έντασης αερόβιας άσκησης με περιόδους παθητικής ή ενεργητικής μέτριας / ήπιας έντασης άσκησης. Εμφανίστηκε πριν από αρκετές δεκαετίες, ανταποκρινόμενη στην ανάγκη για νέες τεχνικές προπόνησης για αθλήματα υψηλής έντασης και συχνά επίσης και για μεγάλης διάρκειας. Το κύριο ενδιαφέρον έγκειται στο γεγονός ότι προσφέρει τη δυνατότητα διατήρησης άσκησης υψηλής έντασης για πολύ μεγαλύτερες περιόδους από ότι η συνεχής άσκηση. Επομένως, η άσκηση ΗΠΤ προσφέρει μεγαλύτερο ερέθισμα προπόνησης για περισσότερο χρόνο, το οποίο βελτιώνει περαιτέρω τη μέγιστη αερόβια χωρητικότητα [23]. Η αιτία για την διαλειμματική προπόνηση τότε, ήταν ότι επέτρεπε το τρέξιμο με συγκεκριμένο ρυθμό για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα χωρίς να ήταν τόσο επιβαρυντικό, επιτρέποντας έτσι την πραγματοποίηση περισσότερης προπόνησης [27]. Στις αρχές το συνεχές τρέξιμο ήταν το μόνο που χρησιμοποιούσαν. Καθώς εισήχθη η διαλειμματική προπόνηση, οι αθλητές έκαναν διαλειμματική προπόνηση κάθε μέρα. Πολύ αργότερα έγινε δημοφιλής η συγχώνευση των δύο συστημάτων. Ωστόσο, ακόμα και με τη συγχώνευση των δύο συστημάτων, υπάρχει πιθανότητα να ευνοηθεί το ένα σύστημα περισσότερο από το άλλο, και αυτό αλλάζει συνεχώς κατά την διάρκεια της ιστορίας [26].

Τον πρώτο καιρό η διαλειμματική άσκηση δεν είχε την μορφή που έχει σήμερα. Το 1813 αποτελούταν από μακρινό περίπατο με περιστασιακό τρέξιμο με μέγιστη ταχύτητα. Αυτός ο συνδυασμός περπατήματος / τρεξίματος συνεχίστηκε έως τις αρχές του 1900 [26].

Η πρώτη ένδειξη αθλητή που χρησιμοποίησε διαλειμματική προπόνηση με πιο σύγχρονη μορφή έγινε από Joe Binks το 1902. Η προπόνησή του αποτελούταν από τρέξιμο 30 λεπτών, κατά το οποίο έτρεχε 5 έως 6 διαδρομές των 110 γιάρδων (100,58 μέτρα) και στο τέλος έκανε μία διαδρομή 200 – 300 γιάρδες (182,88 μέτρα – 274.3 μέτρα) με τελική ταχύτητα για μόνο μία φορά την εβδομάδα. Δεν είναι ξεκάθαρο πότε ξεκίνησε η διαλειμματική προπόνηση, αλλά την άνοδό της θα μπορούσαμε να την αποδώσουμε στους Φινλανδούς δρομείς [26].

Περίπου το 1910 οι Φινλανδοί επινόησαν μια πιο συστηματική προσέγγιση στην διαλειμματική προπόνηση. Η μέθοδος αυτή θα αποδοθεί στον Φινλανδό προπονητή Lauri Pihkala. Τα αποτελέσματα της προπόνησης αυτής φαίνονται στους δύο καλύτερους δρομείς της εποχής τους, τον Raavo Nurmi και τον Hannes Kolehmainen. Ο Kolehmainen ήταν χρυσός ολυμπιονίκης το 1912 στους αγώνες Cross-Country 5k, 8k, και 10k. Δεν άφησε πολλές λεπτομέρειες των προπονήσεών του, αλλά μπορεί να φανεί σε επιστολές που γράφτηκαν στον Raavo Nurmi το 1918, ότι οι προπονήσεις του περιλάμβαναν εναλλασσόμενες γρήγορες και αργές διαδρομές, ή διαλειμματική προπόνηση. Ένα παράδειγμα του διαστήματος προπόνησης που έκανε ο Nurmi είναι, 4 έως 7 χιλιόμετρα με γρήγορη ταχύτητα τα τελευταία 1 έως 2 χιλιόμετρα με 4 / 5 γρήγορα σπριντ (Noakes 273)." Το μεγαλύτερο

μέρος της εκπαίδευσης περιελάμβανε ένα σύνολο μικρών σπριντ περίπου 150m στο 100% και στη συνέχεια μια διαδρομή σε μια σημαντική απόσταση (600-3,000m) μεταξύ 75-90% [26].

Στην δεκαετία του 1920 έως 1930 ο Hill είχε εφεύρει τις έννοιες της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO₂max) και του ελλειμματικού οξυγόνου (Oxygen Deficit – OD, η διαφορά μεταξύ του συνολικού οξυγόνου κατά την διάρκεια της άσκησης μείων την ποσότητα οξυγόνου που χρειάζεται) για να εξηγήσει την σχέση ταχύτητας – χρόνου. Ο θρυλικός δρομέας «Flying Finn» Paavo Nurmi άρχισε να παρουσιάζει τις συνεδρίες διαλειμματικής άσκηση στον ετήσιο κύκλο της προπόνησής του, σε μεγαλύτερη ένταση από ότι σε συγκεκριμένη συνεχόμενη σταθερή ταχύτητα [26, 27, 28].

Στη σκανδιναβική αθλητική κοινότητα η διαλειμματική προπόνηση κέρδισε δημοτικότητα και ονομάστηκε Fartlek, και τυποποιήθηκε από τον Gosta Holmer το 1937. Ήταν ένας πολύ άτυπος τύπος προπόνησης όπου η ταχύτητα προπόνησης άλλαζε με βάση την αίσθηση των αθλητών. Αυτό σήμαινε ότι η ταχύτητα μεταβάλλεται καθ' όλη τη διάρκεια της εκτέλεσης σε γρήγορη / αργή, ή γρήγορη / μεσαία, ή μεσαία / αργή ταχύτητα. Χρησιμοποιήθηκε από τους Σουηδούς με επιτυχία και έκανε τον τότε κόσμο να την χρησιμοποιήσει. Η μέθοδος αυτή εξακολουθεί να χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα [26, 27, 28].

Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου ο διάσημος Γερμανός προπονητής Woldemar Gerschler βρήκε μια μέθοδο διαλειμματικής προπόνησης βασισμένη στους καρδιακούς παλμούς για την παρακολούθηση της έντασης. Η μέθοδος του Gerschler άλλαξε τον τρόπο προπόνησης και αποτέλεσε τη βάση διαφόρων συστημάτων κατάρτισης σε όλο τον κόσμο. Ο συνδυασμός της μεθόδου προπόνησης του Gerschler και στη συνέχεια η εμφάνιση του Emil Zatopek προώθησε την διαλειμματική προπόνηση ως την κύρια μέθοδο προετοιμασίας ενός δρομέα απόστασης. Στη δεκαετία του 1950, οι διαλειμματικές μέθοδοι προπόνησης άρχισαν να διεισδύουν σε διάφορα ευρωπαϊκά προγράμματα αθλητικής προπόνησης. Έγιναν εμφανείς κυρίως λόγω του χρυσού Ολυμπιονίκη Emil Zatopek, αλλά και από άλλους επιφανείς δρομείς, όπως είναι ο Vladimir Kutz, ο Gordon Pirie και ο Sigfried Hermann, οι οποίοι χρησιμοποίησαν αποτελεσματικά αυτήν την προπονητική μέθοδο κατά την διάρκεια της προετοιμασίας τους. Η μέθοδος προπόνησης του Zatopek χώριζε τις διαδρομές σε μικρότερες, ώστε να μπορεί να τρέξει με μια μέση ταχύτερη ταχύτητα την συνολική διαδρομή. Η προπόνησή του περιελάμβανε διαδρομές 100 και 400 μέτρα τρέξιμο με 200 μέτρα ενεργητική αποκατάσταση κάθε μέρα. Εκείνη την εποχή, οι προπονητές χρησιμοποιούσαν συγκεκριμένες ταχύτητες του αγωνίσματος από 800 έως 5000 μέτρα για την διαλειμματική προπόνηση, χωρίς να λαμβάνονται υπόψιν ενδεχόμενες φυσιολογικές παράμετροι. Ο Zatopek ήταν ένας από τους καλύτερους δρομείς, αλλά το πιο αξιοσημείωτο είναι ότι ήταν εξαιρετικά καινοτόμος στις μεθόδους προπόνησής του. Κέρδισε χρυσά μετάλλια το 1948 στα 5 και 10 χιλιόμετρα, και τον μαραθώνιο το 1952 [26, 27, 28].

Μερικές από τις πρώτες επιστημονικές εργασίες που περιέγραψαν λεπτομερώς το ΗΙΠΤ δημοσιεύθηκαν στα τέλη της δεκαετίας του '50 αρχές της δεκαετίας του '60. Η διαλείπουσα άσκηση (ΗΙΠΤ) περιγράφηκε για πρώτη φορά το 1959 από τους Reindell και Roskamm στο γερμανικό επιστημονικό περιοδικό «Schweiz Z Sportmed». Το 1960 η σουηδική ερευνητική ομάδα των Irga και Per Olaf Astrand και Erik Hohwü Christensen, δημοσίευσε μελέτες για την διαλειμματική προπόνηση, εστιάζοντας στις οξείες αποκρίσεις του γαλακτικού (La), της πρόσληψης οξυγόνου (VO₂) και του καρδιακού ρυθμού (HR) κατά την διάρκεια της διαλειμματικής άσκησης διαφορετικής διάρκειας και κατά την διάρκεια της συνεχόμενης άσκησης. Η μέθοδος διαλειμματικής προπόνησης των Astrand et al θεωρείται μία από τις καλύτερες μορφές διαλειμματικής προπόνησης, διότι όλες οι καρδιοαναπνευστικές παράμετροι ήταν στο μέγιστο (28).

Ωστόσο, η έρευνα ΗΙΠΤ απέκτησε πλήρη προσοχή στη δεκαετία του 1970. Τα πρώτα πρωτόκολλα χρησιμοποίησαν τη μέση ταχύτητα ή την ταχύτητα που αντιστοιχεί στον προσωπικό καλύτερο χρόνο της ενδιαφερούσης απόστασης ως αναφοράς, αντί για την μέγιστη αερόβια χωρητικότητα. Η χρήση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO₂max), που εισήχθη από τον βραβευμένο με Νόμπελ Archibald Vivian Hill, έγινε ευρέως διαδεδομένη μόνο μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο. Ανάλογα με το εφαρμοζόμενο πρωτόκολλο, η άσκηση έμοιαζε με συνεχή προπόνηση μέτριας έντασης (Moderate Intensity Continuous Training - MICT) ή προπόνηση προσαρμογής δύναμης – ταχύτητας [29].

Στην ανασκόπησή τους το 1976, ο Saltin et al επεσήμαναν τα χαμηλά επίπεδα γαλακτικού στο αίμα και οι μικρές ταλαντώσεις του VO₂ μεταξύ μέγιστου φόρτου εργασίας και ανάκτησης κατά την διάρκεια της διαλειμματικής άσκησης σύντομης διάρκειας. Ενώ διαλειμματική άσκηση με μεγάλη διάρκεια απέδωσε υψηλά επίπεδα γαλακτικού και έντονες διαφορές μεταξύ των τιμών VO₂ της εργασίας - ανάκτησης.

Οι προαναφερθείσες μελέτες σχετικά με την διαλειμματική άσκηση επικεντρώθηκαν στην βελτίωση της απόδοσης σε αθλητές αντοχής και χρησιμοποιήθηκαν μέγιστες εντάσεις μεταξύ της ταχύτητας στη μέγιστη σταθερή κατάσταση του γαλακτικού (La) (maximal lactate steady state – MLSS, μέγιστος φόρτος εργασίας που μπορεί να διατηρηθεί χωρίς να υπάρχει συνεχής συγκέντρωση γαλακτικού κατά την διάρκεια του έργου) και ελάχιστη ταχύτητα που προκαλεί μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO₂max) ή

ελαφρώς παραπάνω [27].

Από τις αρχές της δεκαετίας του 1990, οι Meyer et al. άρχισαν να μελετούν τη ΗΙΠΤ σε ασθενείς με στεφανιαία νόσο και αργότερα σε ασθενείς με HF [23]. Την τελευταία εικοσαετία η διαλειμματική άσκηση χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο και για ψυχαγωγικούς σκοπούς. Τα τελευταία 10

χρόνια η διαλειμματική άσκηση έγινε ακόμα πιο σημαντική τόσο όσον αφορά την προπόνηση αντοχής όσο και το κομμάτι της αποκατάστασης [27].

Γενικές αρχές της Διαλειμματικής Άσκησης ΗΠΤ

Η θεμελιώδης αρχή της διαλειμματικής άσκησης υψηλής έντασης (ΗΠΤ ή ΗΠΕ) είναι ότι οι περίοδοι άσκησης διασκορπίζονται με περιόδους ανάρρωσης, γεγονός που επιτρέπει στο άτομο να επαναλάβει την άσκηση υψηλής έντασης πολλές φορές κατά τη διάρκεια της ίδιας συνεδρίας. Το σκεπτικό είναι να συσσωρεύεται περισσότερος χρόνος σε ζώνες υψηλής έντασης σε σύγκριση με μια συνεχή άσκηση όπου η εξάντληση θα συμβαίνει πιο πρόωρα και ως εκ τούτου να παράγει ισχυρότερο ερέθισμα για καρδιαγγειακές και μυϊκές προσαρμογές [23, 27, 28]. Σε αντίθεση με τη συνεχή άσκηση που περιλαμβάνει δύο μόνο παραμέτρους, την ένταση και την συνολική διάρκεια της άσκησης, η διαλειμματική άσκηση περιλαμβάνει έξι κύριους παράμετρους. Την μέγιστη ένταση έργου (Ppeak), την μέγιστη διάρκεια έργου (tpeak), την ένταση ανάκτησης (Prec), την διάρκεια ανάκτησης (trec), τον μέσον όρο φόρτου εργασίας (Pmean), και τον αριθμό των σετ που θα κάνει (συνολική διάρκεια της άσκησης) [27]. Τροποποιήσεις στην ένταση και στην διάρκεια των παραμέτρων άσκησης – ανάκαμψης επιτρέπει την δημιουργία σχεδόν άπειρου αριθμού διαφορετικών προπονήσεων. Ο σύγχρονος προγραμματισμός στον χώρο της άσκησης έχει υιοθετήσει τον όρο της «Υψηλής Έντασης Διαλειμματική Άσκηση» ως έναν τρόπο περιγραφής και προσέγγισης της φυσικής κατάστασης και αθλητικής απόδοσης. Υπάρχουν δύο γενικές κατηγορίες ΗΠΤ. Η μία κατηγορία αναφέρεται ως «αερόμπικ» ΗΠΤ, και η άλλη είναι « ΗΠΤ με το βάρος του σώματος» ή <<ΗΠΤ αντίστασης>> Και οι δύο περιέχουν περιόδους έντονης προσπάθειας με ενδιάμεσες περιόδους αποκατάστασης, με κύρια διαφορά την μορφή της άσκησης. Η αεροβική ΗΠΤ προπόνηση χρησιμοποιεί κυρίως τρέξιμο και ποδηλασία για να φθάσει τις επιθυμητές εντάσεις, σε αντίθεση με την άσκηση ΗΠΤ με το βάρος του σώματος / αντίσταση, που χρησιμοποιεί καλλισθενικές, πλειομετρικές ή / και ασκήσεις με αντιστάσεις [30].

Η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης μπορεί να οριστεί απλά ως μία ασυνεχής, περιοδική (απαιτητική), άσκηση χωρισμένη από περιόδους ανάκαμψης. Ωστόσο, το επίπεδο έντασης που καθορίζει μία άσκηση ως «υψηλής έντασης» ποικίλλει σε διάφορες ερευνητικές δημοσιεύσεις. Δεν υπάρχει συναίνεση ως προς το ποιο φορτίο επιβάρυνσης μπορεί να οριστεί ως σημείο μέγιστης προσπάθειας. Στη βιβλιογραφία οι όροι «υψηλή ένταση» ή «έντονος» χρησιμοποιούνται με αρκετά διαφορετικό τρόπο και κυμαίνεται από ποσοστό χαμηλό όσο το 65% της μέγιστης παραγωγής ισχύος, και φθάνει έως και το 170% της μέγιστης παραγωγής ισχύος (Power Peak Output – μέγιστη παραγωγή έργου σε συγκεκριμένο - δεδομένο χρόνο), με βάση το μέγιστο οξυγόνο (O₂max). Ακόμα και η

διάσταση της αναφερόμενης έντασης μπορεί να διαφέρει στις δημοσιεύσεις, καθώς το μέγιστο ποσοστό παραγωγής ισχύος (PPO%), η ισχύς (PO₂max%) ή το ποσοστό ταχύτητας (vO₂max%) του μέγιστου οξυγόνου (O₂max), το μέγιστο ποσοστό καρδιακού ρυθμού (HRmax%) και το κρίσιμο/μέγιστο ποσοστό ταχύτητας (vVmax%) χρησιμοποιούνται, αλλά διαφέρουν πολύ. Η χρήση διαφορετικών διαστάσεων μπορεί δημιουργήσει πρόβλημα, επειδή οι ίδιες αριθμητικές αξίες μπορεί να υποδηλώνουν διαφορετικές μεταβολικές απαιτήσεις με διαφορετικές διάστασεις. Τις περισσότερες φορές, τα επίπεδα έντασης αναφέρονται στο φόρτο εργασίας όπου αντιστοιχεί στο $\geq 90\%$ της μέγιστης αερόβιας ικανότητας (ή 90–95 % του μέγιστου καρδιακού σφυγμού, HR) ή μέγιστης προσπάθειας. Ο Buchheit και ο Laursen σημείωσαν εννέα χαρακτηριστικά τα οποία μπορούν να περιγράψουν με ακρίβεια την άσκηση HIIT, συμπεριλαμβανομένης της έντασης και της διάρκειας της άσκησης, την ένταση και την διάρκεια ανάληψης, τον τρόπο άσκησης, τον αριθμό σετ και επαναλήψεων και τέλος την διάρκεια και την ένταση ανάκτησης μεταξύ των σετ.

Σύμφωνα λοιπόν με τους Buchheit και Laursen, τα πρωτόκολλα διαλειμματικής άσκησης HIIT μπορούν να χωριστούν σε 2 βασικές ομάδες:

i.) Άσκηση υψηλής έντασης με σχετικά υψηλότερο όγκο προπόνησης, διάρκειας τριών έως πέντε λεπτών με σχεδόν μέγιστη προσπάθεια - ένταση στο 80% – 90% χωρισμένη με περιόδους ανάπαυσης (υπάρχουν πρωτόκολλα που χρησιμοποιούν συνεδρίες μεγαλύτερης διάρκειας από πέντε λεπτά).

ii.) Στο δεύτερο πρωτόκολλο οι ασκήσεις είναι μέγιστης έντασης και συχνά αναφέρονται ως SIT (Supramaximal Interval Training). Στην περίπτωση του SIT, τα σπριντ σπάνια υπερβαίνουν το χρονικό διάστημα των 30 δευτερολέπτων και η ένταση της προπόνησης ορίζεται ως «supramaximal», ενώ τα επίπεδα μέγιστης παραγωγής ισχύος (PPO) υπερβαίνουν την τιμή ισχύος που καταγράφεται κατά τη διάρκεια των μετρήσεων του μέγιστου οξυγόνου (O₂max) [29].

Ο Buchheit και ο Laursen ανέφεραν επίσης τον αριθμό των σετ, την διάρκεια και τις εντάσεις στην ανάκτηση μεταξύ των σετ και του τρόπου άσκησης (π.χ. τρέξιμο εναντίον ποδηλασίας) ως περαιτέρω καθοριστικό παράγοντα της διαλειμματικής άσκησης. Ωστόσο, δεν θεωρούσαν την Pmean (Power mean – μέσος όρος συνολικού έργου) ως καθοριστικό παράγοντα [27]. Η άσκηση HIIT και SIT συνδέονται συνήθως με συνεχείς κυκλικές κινήσεις όπως τρέξιμο, ποδηλασία και κωπηλασία, και οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν μορφολογικές αλλαγές, όπως μετατροπή μορφολογίας του τύπου των μυικών ινών, τοπικά αύξηση του τύπου των μυικών ινών σε γρήγορης σύσπασης [29].

Ο Saltin et al χαρακτήρισε τις διαφορετικές παραμέτρους της διαλειμματικής προπόνησης και σύγκρινε τις διαφορετικές φυσιολογικές αποκρίσεις που προκαλούνται από αυτές. Αυτή η ταξινόμηση χωρίζεται σε τρεις παραμέτρους:

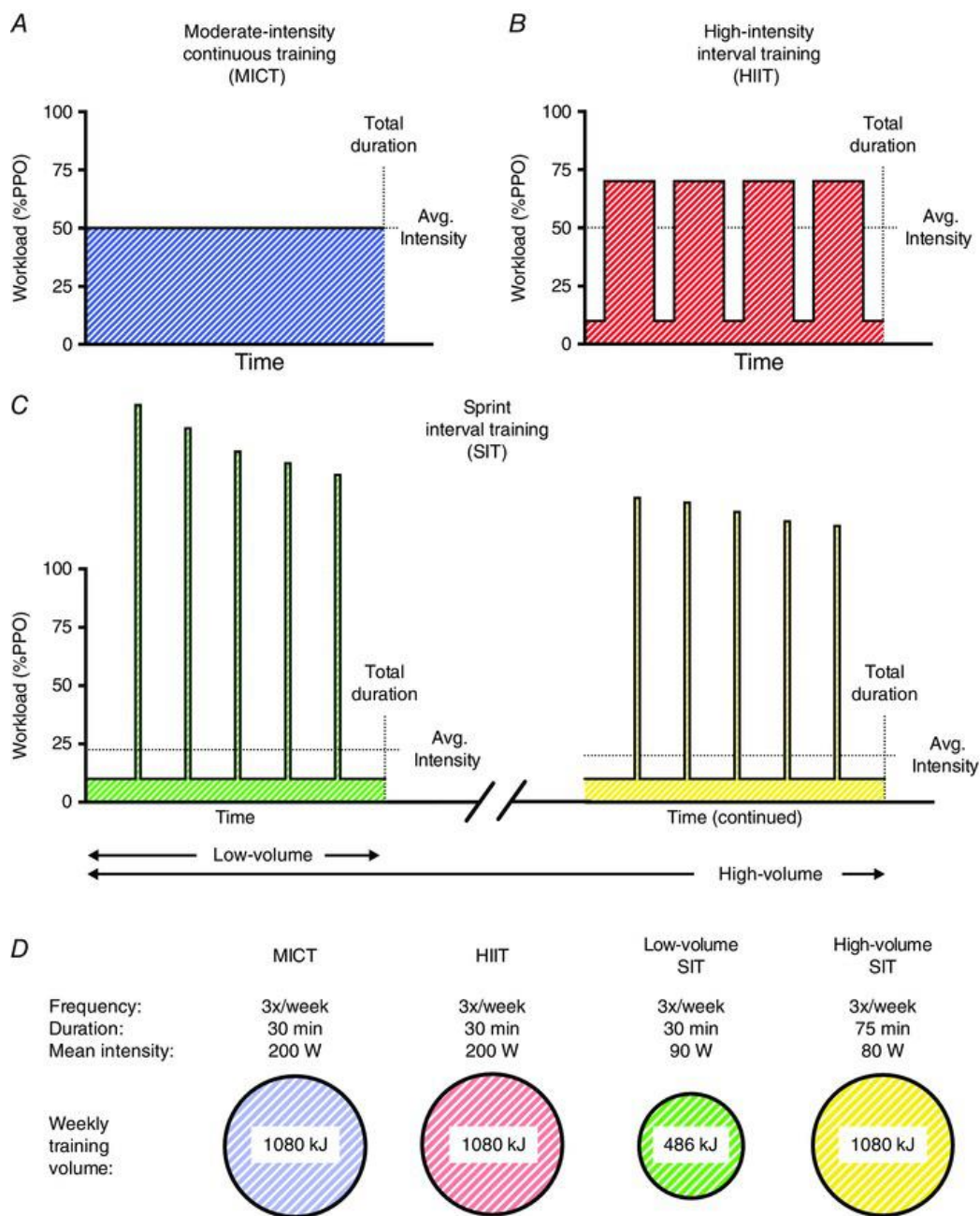
- i.) αναλογία (ratio), που είναι η σχέση μεταξύ της διάρκειας της άσκησης και της διάρκειας της αποκατάστασης
- ii.) μέσος όρος έντασης (mean intensity), που είναι ο μέσος όρος της έντασης κατά τη διάρκεια της άσκησης και της αποκατάστασης.
- iii.) εύρος (amplitude), το οποίο αντιστοιχεί στη διαφορά μεταξύ των εντάσεων της άσκησης και της αποκατάστασης, διαχωρίζεται από την μέση ένταση και εκφράζεται με ποσοστά επί τις 100.

Μια παράμετρος που χρησιμοποιείται συχνά για τον ποσοτικό προσδιορισμό του συνολικού αερόβιου ερεθίσματος που προκαλείται από ένα πρωτόκολλο εκπαίδευσης ΗΠΤ είναι ο χρόνος που αφιερώνεται σε υψηλό ποσοστό μέτρησης κατανάλωσης οξυγόνου (VO_{2peak}) [17]. Η ΗΠΤ μπορεί να λάβει τη μορφή ποδηλασίας, πεζοπορίας, κωπηλασίας, κολύμβησης ή άλλων δραστηριοτήτων, αν και η στατική ποδηλασία και ο διάδρομος έχουν χρησιμοποιηθεί περισσότερο. Υπάρχει απεριόριστος αριθμός πιθανών πρωτοκόλλων ΗΠΤ που χρησιμοποιούν διαφορετικές εντάσεις και διάρκειες των παραμέτρων άσκησης/ ξεκούρασης. Διαφορετικοί συνδυασμοί διαλειμματικής προπόνης ΗΠΤ έχουν δοκιμαστεί σε διάφορους πληθυσμούς και προκαλούν διαφορές στις οξείες φυσιολογικές αποκρίσεις στην άσκηση που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη διάρκεια της άσκησης [17].

Στην αθλητική προπόνηση έχουν περιγραφεί τρεις διαφορετικές κατηγορίες ΗΠΤ:

- i.) Άσκηση ΗΠΤ μεγάλης διάρκειας 3 έως 15 λεπτά με ένταση που αντιστοιχεί στο 85- 90% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max})
- ii.) Άσκηση ΗΠΤ μεσαίας απόστασης του 1 έως 3 λεπτών στο 95 - 100% του VO_{2max} .
- iii.) Άσκηση ΗΠΤ μικρών αποστάσεων διάρκειας 10 δευτερόλεπτων έως 1 λεπτού στο 100- 120% του VO_{2max}

Υπάρχουν πολλοί πιθανοί συνδυασμοί ΗΠΤ, που μπορούν να προκαλέσουν διάφορες οξείες φυσιολογικές προσαρμογές. Με τη μείωση του χρόνου ανάκαμψης, η μέση ένταση της άσκησης αυξάνεται, που συνεπάγεται με την σειρά της σε αύξηση της ενεργειακής δαπάνης. Ο τύπος ανάκαμψης, παίζει σημαντικό ρόλο στην απόδοση. Η παθητική αποκατάσταση επιτρέπει μεγαλύτερο αριθμό επαναλήψεων άσκησης σε νεαρά άτομα, αθλητές αντοχής και σε ασθενείς με καρδιακές παθήσεις [23].



Εικόνα απεικονισμένη από The Journal of Physiology : MacInnis MJ, Gibala MJ. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. J Physiol. 2017 May 1

Γραφική παράσταση των κύριων τύπων αερόβιας άσκησης. A-C, αντιπροσωπευτικά παραδείγματα μέτριας έντασης συνεχόμενης άσκησης (MICT) , υψηλής έντασης διαλειμματική άσκηση (HIIT) , χαμηλοί και υψηλοί όγκοι προπόνησης διαλειμματικής άσκησης (SIT). Η ένταση απεικονίζεται ως ποσοστό της μέγιστης παραγωγής ισχύος (PPO), που λαμβάνεται κατά την διάρκεια μίας τυπικής δοκιμασίας VO₂peak σε πρότυπη ράμπα. D, ο όγκος προπόνησης βασισμένος στην διάρκεια και την προπονητική συχνότητα. Τα πρωτόκολλα MICT και HIIT που εμφανίζονται στα A και B είναι προσαρμοσμένα για ίδια εργασία όταν εκτελούνται για την ίδια διάρκεια και με την ίδια συχνότητα. Το πρωτόκολλο SIT χαμηλού όγκου απαιτεί λιγότερο συνολικό έργο για να ολοκληρωθεί σε σχέση με το HIIT και το MICT, ενώ η εκτέλεση τριών συνεδριών του πρωτοκόλλου SIT μεγάλου όγκου ταιριάζει με τον όγκο εκπαίδευσης στα πρωτόκολλα MICT και HIIT.

Έρευνες προπόνησης ΗΠΤ (ή ΗΠΕ) και ΜΙΣΕ σε Καρδιοπαθείς

Η συνεχόμενη αερόβια άσκηση μέτριας έντασης (ΜΙΣΕ) συνιστάται σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια για βελτίωση των συμπτωμάτων και την ποιότητα ζωής. Η αερόβια μέτριας έντασης ή συνεχής άσκηση είναι η καλύτερη καθιερωμένη μέθοδος αποκατάστασης σε ασθενείς με ΗΦ. Ωστόσο για περίπου μία δεκαετία, ένας άλλος τρόπος αποκατάστασης έχει προκαλέσει σημαντικό ενδιαφέρον στην Ιατρική Κοινότητα, η υψηλής έντασης διαλειμματική άσκηση (ΗΠΕ). Υπάρχουν αντικρουόμενες απόψεις μεταξύ των ερευνητών για το ποια μέθοδος είναι η καλύτερη, κυρίως κατά την περίοδο των πρώτων ερευνών. Επιπλέον, ορισμένοι συγγραφείς ισχυρίζονται ότι το ΗΠΤ είναι μια ανώτερη μέθοδος σε σύγκριση με την αερόβια προπόνηση, προκειμένου να βελτιωθούν διάφορες φυσιολογικές λειτουργίες. Το ερώτημα που πρέπει να απαντηθεί είναι «ποιες είναι οι διαφορές στις προσαρμογές και στις φυσιολογικές αποκρίσεις της άσκησης ΗΠΤ και ΜΙΣΕ. Σε αυτό το τμήμα ερευνώνται, μελετώνται και αναλύονται πολυάριθμες έρευνες πάνω στην ΗΠΤ αλλά και στην ΜΙΣΕ, καθώς και μεταanalύσεις αυτών, από τις αρχές έως και σήμερα, με σκοπό να παρουσιαστούν οι θετικές προσαρμογές, ποια μέθοδος υπερτερεί ή όχι και σε ποιες φυσιολογικές πτυχές .

Η πρώτη μελέτη κατάρτισης ΗΠΤ σε ασθενείς με ΗΦ πραγματοποιήθηκε από την ομάδα του K. Meyer. Ήταν ο πρώτος που ανέδειξε την άσκηση ΗΠΤ προσαρμοσμένη σε ασθενείς με ΗΦ [23]. Ο Meyer et al 1997 πραγματοποίησε μια τυχαιοποιημένη έρευνα που συνέκρινε τα αποτελέσματα της προπόνησης ΗΠΤ 3 εβδομάδων. Συμπεριλήφθηκαν δεκαοχτώ άνδρες ασθενείς με σοβαρή χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια (μέσος όρος LVEF $21 \pm 1\%$, μέσος όρος $VO_2\text{peak}$ $12,2 \pm 0,7$ ml / kg / min) οι οποίοι χωρίστηκαν σε 2 ομάδες. Οι ασθενείς δεν διέφεραν σημαντικά όσον αναφορά τις σωματικές αναλογίες τους, την αιτιολογία της νόσου, την ικανότητα για άσκηση και την κεντρική αιμοδυναμική ή πνευμονική λειτουργία. Η ομάδα I (n = 9) υποβλήθηκε σε άσκηση, ενώ η ομάδα II (n = 9) υποβλήθηκε σε υπό περιορισμούς δραστηριότητα (περπάτημα έως μία ώρα την ημέρα και μία φορά ανάβαση σκαλοπατιών). Οι ασθενείς υποβλήθηκαν σε πρόγραμμα άσκησης 5 φορές την εβδομάδα για 15 λεπτά κάθε φορά. Η ένταση της άσκησης καθορίστηκε ως ποσοστό της μέγιστης ικανότητας βραχυπρόθεσμης άσκησης (Maximal Short-Term Exercise Capacity- MSEC) που καθορίστηκε από μια εργομετρική δοκιμή στο κυκλοεργόμετρο (συνεχόμενο ποδήλατο για 3 λεπτά ακολουθούμενο από αύξηση 25 Watt κάθε 10 δευτερόλεπτα έως την εξάντληση του αθλούμενου), το οποίο και γινόταν κάθε εβδομάδα για τον προσδιορισμό και την προσαρμογή της έντασης της άσκησης. Από το μέγιστο ποσοστό έργου που επιτεύχθηκε κατά την διάρκεια του τεστ, χρησιμοποιήθηκε το 50% ως ένταση για την έντονη φάση της άσκησης [31, 32] το οποίο αντιστοιχεί σε λίγο περισσότερο από το 100% του PPO (μέγιστη ισχύ), που μετράται κατά τη διάρκεια ενός τυπικού τεστ καρδιοπνευμονικής άσκησης (αύξηση του ρυθμού εργασίας κατά 25 Watt [W] / 10 / sec-1) [25]. Η έντονη φάση της δοκιμασίας ξεκινούσε με 25w κάθε φορά και αυξανόταν κατά 25w κάθε 3 λεπτά με 60 rpm [32]. Η προπονητική μέθοδος που ακολουθήθηκε ήταν έντονη άσκηση 30 δευτερολέπτων με 60 δευτερόλεπτα ενεργητικής

αποκατάστασης έντασης 10W. Η δοκιμασία διακόπηκε όταν ο ασθενής δεν μπορούσε να διατηρήσει 60 rpm (Rounds per minute). Προστέθηκε επιπλέον άσκηση σε διάδρομο 3 φορές την εβδομάδα για 10 λεπτά την φορά [31, 32]. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν 60 δευτερόλεπτα έντονης άσκησης με 60 δευτερόλεπτα ενεργητικής αποκατάστασης. Κατά την έντονη φάση της άσκησης η ταχύτητα (μέσος όρος 64 μέτρα το λεπτό, εύρος 47 – 87 m/min) προσαρμοζόταν σύμφωνα με τον καρδιακό ρυθμό που ήταν ανεκτός από τους ασθενείς. Στην φάση της αποκατάστασης η ταχύτητα ήταν 37 μέτρα ανά λεπτό για όλους τους ασθενείς. Οι ασθενείς παρουσίασαν αύξηση 23.7% στο VO₂peak, βελτίωση στην ικανότητα για άσκηση και στο αναερόβιο κατώφλι [31, 32]. Έκτοτε έως και σήμερα έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές κλινικές μελέτες σύγκρισης της προπόνησης HIIT με την MICE.

Το 2002 πραγματοποιήθηκε μία από έρευνα από Øivind Rognmo et al και η οποία δημοσιεύτηκε το 2004, σύγκρινε την υψηλής έντασης διαλειμματική άσκηση με την συνεχόμενη αερόβια άσκηση μέτριας έντασης σε ασθενείς με στεφανιαία νόσο για τις προσαρμογές στην αερόβια ικανότητα. Είκοσι ένας σταθεροί ασθενείς με CAD τυχαιοποιήθηκαν σε άσκηση υπό επίβλεψη. Η άσκηση περιείχε περπάτημα διαδρόμου είτε σε υψηλής έντασης (80-90% του VO₂peak) είτε σε μέτρια ένταση (50-60% του VO₂peak) τρεις φορές την εβδομάδα για 10 εβδομάδες. Η άσκηση πραγματοποιήθηκε σε διάδρομο με ανηφορικό περπάτημα και για τα δυο πρωτόκολλα. Η υψηλής έντασης αερόβια άσκηση πραγματοποίησε προθέρμανση 5 λεπτών στο 50-60% του VO₂peak (65-75% του H_rpeak). Η ένταση της άσκησης ήταν 80- 90% του VO₂peak (85- 95% του H_rpeak) και πραγματοποιήθηκε για τέσσερα σετ των τεσσάρων λεπτών με 3 λεπτά ενεργητικής αποκατάστασης μεταξύ των σετ, στο 50-60% του VO₂peak. Οι ασθενείς ασκήθηκαν στο χαμηλότερο όριο έντασης για τις πρώτες 2 εβδομάδες, πριν από την αύξηση της έντασης προς το ανώτερο όριο. Η συνεδρία τελείωνε με 3 λεπτά αποθεραπεία στο 50- 60% του VO₂peak. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αερόβια άσκηση υψηλής έντασης είναι ανώτερη από την συνεχόμενη άσκηση μέτριας έντασης, με αύξηση του VO₂peak κατά 17, 9% (P = 0, 012) στην ομάδα υψηλής έντασης και κατά 7, 9% (P = 0, 038) στην ομάδα μέτριας έντασης [39].

Το 2005 οι Warburton et al πραγματοποίησαν μία έρευνα με 14 άνδρες και τυχαιοποιήθηκαν σε άσκηση HIIT ή CT, όπου η CT ήταν συνεχόμενη άσκηση στο 65% της HR/VO₂r (reserve) και η HIIT ήταν 2 λεπτά έντονης άσκησης στο 90% του HR/VO₂r (εύρος 85% - 95%) με ενεργητική αποκατάσταση 2 λεπτών στο 40% του HR/VO₂r (εύρος 35% - 45%). Μετά από το πρόγραμμα των 16 εβδομάδων, για την αξιολόγηση της VO₂peak, έγινε τεστ στο διάδρομο, με σταδιακή αυξανόμενη ένταση μέχρι εξάντλησης. Διαπιστώθηκε ότι η HIIT είναι εξίσου αποτελεσματικό μέσο για τη βελτίωση της καρδιαγγειακής ικανότητας και την βελτίωση της κατάστασης της υγείας των ασθενών με στεφανιαία νόσο, αλλά βελτιώνει σε μεγαλύτερο βαθμό την αναερόβια ανοχή από ότι η CT χωρίς να δημιουργεί επιπρόσθετο κίνδυνο. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι ασθενείς της συγκεκριμένης έρευνας ήταν υψηλά λειτουργικοί [38].

Το 2005 σύμφωνα με τους συγγραφείς (Dimopoulos et al) πραγματοποιήθηκε η πρώτη προοπτική ελεγχόμενη έρευνα που αξιολογεί τα αποτελέσματα της συνεχόμενης και διαλειμματικής άσκησης στην πρώιμη ανάρρωση του καρδιακού ρυθμού σε ασθενείς με χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια. Σε 24 ασθενείς ανατέθηκε τυχαιοποιημένα άσκηση IT ή CT 3 φορές την εβδομάδα για 36 προπονητικές συνεδρίες σε σύνολο. Η διαλειμματική άσκηση ήταν 30 δευτερόλεπτα στο 100% της WRP (peak work rate) με 30 δευτερόλεπτα ξεκούρασης και η CT είχε ένταση 50% της WRP. Υπήρχε σημαντική βελτίωση και στις 2 ομάδες στο WRP, VO_{2peak} , AT και $VO_{2/t-slope}$ κατά 30% $P = 0.01$, 6% $P = 0.01$, 10% $P = 0.02$ και 27% $P = 0.03$ αντιστοίχως για την CT και για την IT υπήρξε βελτίωση κατά 21% $P < 0.05$, 8%, $P = 0.01$; 6% $P = NS$, και 48% $P = 0.02$ αντιστοίχως. Τόσο το πρόγραμμα της συνεχούς άσκησης όσο και της διαλειμματικής άσκησης βελτιώνουν την ικανότητα άσκησης σε ασθενείς με CHF. Ωστόσο, μόνο η συνεχόμενη άσκηση βελτιώνει την HRR1, δείκτης παρασυμπαθητικής δραστηριότητας, υποδηλώνοντας μεγαλύτερη συμβολή στο αυτόνομο νευρικό σύστημα [33]. Το 2007 διεξήχθη άλλη μια έρευνα μεταξύ IT και CT (Roditis et al). Εικοσιένα ασθενείς συμμετείχαν σε πρόγραμμα αποκατάστασης 36 προπονητικών συνεδριών τρεις φορές την εβδομάδα. Οι ασθενείς τυχαιοποιήθηκαν σε δυο ομάδες. Η ομάδα IT πραγματοποίησε άσκηση 30 δευτερολέπτων στο 100% της PWR με 30 δευτερόλεπτα ανάπαυσης. Η CT είχε ένταση 50% της PWR. Και οι δυο τρόποι άσκησης βελτίωσαν την κινητικότητα του O_2 στην φάση ένα, αλλά η συνεχόμενη άσκηση είχε καλύτερα αποτελέσματα στην φάση δυο της κινητικότητας του οξυγόνου [34].

Η πιο ολοκληρωμένη έρευνα η οποία ανέδειξε τις δυνατότητες και τις ευεργετικές προσαρμογές της διαλειμματικής άσκησης, έγινε το 2007 από τους Wisloff et al. Πραγματοποίησαν μία έρευνα με 27 ασθενείς οι οποίοι έπασχαν από σοβαρή ισχαιμική καρδιακή ανεπάρκεια (στεφανιαία νόσος). Η ηλικία των ασθενών ήταν 75.5 ± 11.1 χρονών, με πολύ χαμηλή $VO_{2peak} = 13 \text{ ml/kg/min}$ και κλάσμα εξώθησης αριστερής κοιλίας $LVEF=29\%$ (NYHA IV). Οι ασθενείς τυχαιοποιήθηκαν σε δύο ομάδες και τους ανατέθηκε άσκηση AIT ή άσκηση MCT συνολικής διάρκειας 12 εβδομάδων και πραγματοποιήθηκε τρεις φορές την εβδομάδα, οι δυο εξ αυτών πραγματοποιήθηκαν υπό επίβλεψη και η μία έλαβε χώρα στο σπίτι. Το προπονητικό πρωτόκολλο ήταν φτιαγμένο για τον κάθε ασθενή ξεχωριστά. Στην ομάδα AIT η ταχύτητα ήταν σταθερή, αλλά διαφορετική ανάλογα με τον ασθενή και αυξανόταν η κλίση κατά 2%, όταν η πρόσληψη οξυγόνου σταθεροποιούνταν, μέχρι ο ασθενής να φτάσει το VO_{2peak} . Το πρωτόκολλο της ομάδας AIT περιελάμβανε προθέρμανση διάρκειας 10 λεπτών στο 50% έως 60% του VO_{2peak} ($\approx 60\%$ έως 70% του μέγιστου καρδιακού ρυθμού). Το κύριο μέρος της προπόνησης περιελάμβανε 4 λεπτά στο 90% έως 95% του μέγιστου καρδιακού ρυθμού και 3 λεπτά ενεργητική αποκατάσταση στο 50% έως 70% του καρδιακού ρυθμού. Με το τέλος της άσκησης ακολουθούσε αποθεραπεία 3 λεπτών στο 50% έως 70% του μέγιστου καρδιακού ρυθμού. Ο συνολικός χρόνος άσκησης ήταν 38 λεπτά για την ομάδα AIT. Οι ασθενείς στην ομάδα MCT

περπατούσαν συνεχώς στο 70% έως 75% του μέγιστου καρδιακού ρυθμού για 47 λεπτά κάθε φορά. Τα πρωτόκολλα σχεδιάστηκαν να είναι ισοθερμιδικά, έτσι ώστε η παράμετρος που διαφέρει να είναι μόνο η ένταση μεταξύ των δύο ομάδων παρέμβασης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το πρωτόκολλο ΑΙΤ παρουσίασε μεγαλύτερη βελτίωση της VO₂peak απ' ό,τι αυτή της MCT (46% εναντίον 14%, P<0.001) και αυτό συσχετίστηκε με την αντίστροφη αναδιαμόρφωση της αριστερής κοιλίας. Υπήρχε αύξηση του LVEF στο 35%. Η ΑΙΤ είχε περισσότερες και καλύτερες προσαρμογές από ότι MCT.

Η έρευνα αυτή ήταν από τις πιο ολοκληρωμένες έρευνες που παρουσιάστηκαν τότε, καθώς ο σχεδιασμός της ήταν πολύ εύστοχος στην σύγκριση μεταξύ των δυο πρωτοκόλλων όσον αφορά την ένταση, την ποσότητα και την ατομικότητα του προγράμματος, έλεγξε τις σημαντικότερες παραμέτρους, (δηλαδή την μυική βιοψία, την ανάλυση αίματος, το ηχοκαρδιογράφημα, τον έλεγχο SR, QOL) και επίσης συμπεριέλαβε άτομα άνω των 70 χρονών που οι μέχρι τότε έρευνες τους είχαν αποκλείσει. Η έρευνα αυτή απέδειξε ότι η προπόνηση υψηλής έντασης σε σχέση με την αερόβια ικανότητα / φυσική κατάσταση του ατόμου, είναι εφικτή ακόμη και σε ηλικιωμένους ασθενείς με χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια που έχουν σοβαρά εξασθενημένη καρδιαγγειακή λειτουργία (NYHA IV). Δείχνει επίσης ότι η ένταση της άσκησης είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την αναστροφή της αναδιαμόρφωσης της αριστερής κοιλίας, τη βελτίωση της αερόβιας ικανότητας και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια μετά από έμφραγμα [38]. Οι καλύτερες προσαρμογές έγιναν λόγω της έντασης της άσκησης που ήταν ένας σημαντικός παράγοντας για την αντίστροφη αναδιαμόρφωση της LV και τη βελτίωση της αερόβιας ικανότητας, της ενδοθηλιακής λειτουργίας και της ποιότητας ζωής σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια μετά από έμφραγμα [38]. Αυτά τα εντυπωσιακά ευρήματα δημιούργησαν ένα κύμα ενθουσιασμού στην Κοινότητα καρδιαγγειακής αποκατάστασης.

Το 2011 (Smart et al) έγινε μία έρευνα σύγκρισης των δύο μεθόδων άσκησης σε καρδιοπαθείς διάρκειας 16 εβδομάδων. Οι συντάκτες σύγκριναν τα αποτελέσματα της συνεχόμενης και της διαλειμματικής άσκησης στην λειτουργική ικανότητα, την ποιότητα ζωής (QOL) και την καρδιακή λειτουργία. Σε 23 ασθενείς ανατέθηκε με τυχαία σειρά, συνεχόμενη (n=13) ή διαλειμματική άσκηση (n=10) και τα αποτελέσματα φανέρωσαν σημαντική αύξηση στην λειτουργική ικανότητα, την ποιότητα ζωής και στην καρδιακή λειτουργία και με τις δύο μεθόδους. Η έρευνα αυτή επισήμανε επίσης ότι η διαλειμματική άσκηση θα πρέπει να θεωρείται τουλάχιστον ισάξια με την συνεχόμενη άσκηση [35].

Το 2012 οι Freyssin et al. διεξήγαγαν μία έρευνα για την σύγκριση των δυο αυτών προπονητικών μεθόδων. Συμπεριλήφθηκαν 26 ασθενείς με χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια σε πρόγραμμα διάρκειας 8 εβδομάδων. Τυχαία χωρίστηκαν σε 2 ομάδες, είτε σε IT είτε σε CT. Η IT περιείχε 3 συνεδρίες των 12 επαναλήψεων και διάρκειας 30 δευτερολέπτων σε πολύ υψηλές εντάσεις με 60 δευτερόλεπτα πλήρης ξεκούρασης. Η CT έκανε συνεχόμενη άσκηση διάρκειας 45 λεπτών. Η ομάδα της IT αύξησε

σημαντικά την VO₂peak, την διάρκεια της άσκησης, τον όγκο παλμού, την κατανάλωση οξυγόνου στο VT1 και η απόσταση που διανύθηκε κατά τη διάρκεια του 6MWT αυξήθηκε επίσης. Η ομάδα CT αύξησε μόνο το χρόνο στο VT1 και την απόσταση που πραγματοποιήθηκε στο 6MWT. Η βελτίωση στον χρόνο στο VT1 ήταν σημαντικά υψηλότερη για την ομάδα IT. Η μελέτη αυτή δείχνει ότι η IT σε πολύ υψηλή ένταση για ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια φαίνεται να είναι πιο αποτελεσματική για την βελτίωση της φυσικής ικανότητας απ' ότι η CT [36].

Το 2012 οι Rocco et al πραγματοποίησαν μία έρευνα με σκοπό την αξιολόγηση του τελο-εκπνευστικής πίεσης του διοξειδίου (PETCO₂) κατά την διάρκεια της άσκησης αλλά και τα αποτελέσματα αυτής μεταξύ του PETCO και το αναερόβιο κατώφλι (VAT). Το πρόγραμμα άσκησης διήρκησε 3 μήνες και αποτελούνταν από άσκηση 60 λεπτών 3 φορές την εβδομάδα. Και τα δύο πρωτόκολλα είχαν προθέρμανση 5 λεπτών, αερόβια άσκηση 50 λεπτών και αποθεραπεία 5 λεπτών. Η CET εκτελέστηκε σε διάδρομο με διάρκεια 50 λεπτών και ένταση στο VAT. Το IT αποτελούνταν από 7 σετ των 3 λεπτών με ένταση στο σημείο RCP και 7 σετ των 3 λεπτών με έντασης άσκησης που αντιστοιχούσαν στο VAT. Τα κύρια ευρήματα της παρούσας έρευνας ήταν και η CET αλλά και η IT βελτίωσαν την PETCO₂, την καρδιοαναπνευστική ικανότητα και την αναπνευστική απόδοση, η οποία συσχετίστηκε με την αύξηση της PETCO₂ [41].

Μια έρευνα πραγματοποιήθηκε από τους Iellamo et al. το 2013 με 20 ασθενείς που υποβλήθηκαν σε άσκηση 12 εβδομάδων και τυχαιοποιήθηκαν σε προπόνηση ACT ή AIT. Η ένταση της προπόνησης εξατομικεύτηκε για το κάθε άτομο ξεχωριστά και καθορίστηκε χρησιμοποιώντας τον καρδιακό ρυθμό και το γαλακτικό προφίλ του κάθε ασθενή ξεχωριστά. (TRIMPi method). Επιλέχτηκε η χρήση της μεθόδου TRIMPi για τον καθορισμό της έντασης, αντί για τον HRmax ή τον HRR, γιατί η ένταση της άσκησης που καθορίζεται από αυτές τις παραμέτρους μπορεί να περιορίζεται, λόγω των χρονοτροπικών επιδράσεων και την χρήση βήτα- αναστολών. Επισημάνθηκε επίσης ότι οι εντάσεις που βασίζονται αποκλειστικά σε ποσοστά Hmax ή HRR είναι πιθανό να παρουσιάσουν ποικίλες καρδιαγγειακές και μεταβολικές απαιτήσεις. Ο λόγος είναι ότι, για κάποιο συγκεκριμένο ποσοστό της τάξεως του 40% - 70% της HRR ή της HRmax παραδείγματος χάριν, μπορεί να λειτουργεί σε διαφορετικές εντάσεις μεταξύ των ασθενών. Επιπλέον, εκτός από την ποσότητα δεν έχει καθοριστεί και ποια είναι η καλύτερη μορφή άσκησης. Τα συμπεράσματα της παρούσας έρευνας έδειξαν ότι και οι δύο μέθοδοι προπόνησης προκάλεσαν σημαντική βελτίωση της αερόβιας ικανότητας σε ασθενείς με χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια χωρίς κάποια να υπερτερεί της άλλης, δεδομένου ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των προπονητικών μεθόδων στον τρόπο που εκτελέστηκαν και οι ασθενείς προπονήθηκαν με το δικό τους ατομικό πρόγραμμα και την ίδια ποσότητα άσκησης [37]

Μέχρι στιγμής έχουν αναφερθεί έρευνες HIIT και MICE, οι οποίες σύγκριναν τις δύο μεθόδους με ίδιο χρόνο / ποσότητα άσκησης. Σε μία έρευνα των Currie et al, συγκρίθηκαν οι δύο μέθοδοι με την HIIT να εξασκείται για λιγότερο χρόνο από ότι η συνεχόμενη. Αυτή ήταν η πρώτη έρευνα που

σύγκρινε χαμηλού όγκου έντονης άσκησης ΗΠΤ (10 λεπτά) με συνεχόμενη άσκηση (30 – 50 λεπτά). Και οι δύο μέθοδοι βελτίωσαν την καρδιοαναπνευστική ικανότητα εξίσου. Η έρευνα αυτή έδωσε περαιτέρω στην ιδέα ότι η ένταση της άσκησης μπορεί να είναι πιο σημαντική από την διάρκεια όσον αφορά την καρδιαγγειακή υγεία [42].

Οι Angadi et al απέδειξε ότι η ΗΠΤ μπορεί να παρέχει ένα πιο ισχυρό ερέθισμα από την ΜΙ-ACT για τις πρώιμες προσαρμογές σε ασθενείς με HfrEF. Επίσης βελτιώθηκαν η VO₂peak η λειτουργία της LV [43].

Επιπλέον έρευνες αποδεικνύουν την αποτελεσματικότητα της ΗΠΤ τόσο στην βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής λειτουργίας όσο και στην ποιότητα ζωής υποστηρίζοντας ότι η ΗΠΤ είναι πιο αποτελεσματική από την ΜΙCE [44, 45, 46].

Παρά τα θετικά και πολλά υποσχόμενα αποτελέσματα της ΗΠΤ, υπάρχουν πολλαπλές έρευνες που δεν υποστηρίζουν την υπεροχή της ΗΠΤ έναντι της ΜΙCE [47, 48, 49, 50, 51], αν και αναγνώρισαν την αποτελεσματικότητα και την λειτουργικότητά της.

Την τελευταία πενταετία ακόμα υπάρχει συζήτηση και διαφορούμενες απόψεις για το αν η ΗΠΤ είναι καλύτερη μέθοδος από την ΜΙCE. Μετα- αναλύσεις επιπλέον ερευνών συμπεριλαμβανομένων των ερευνών που αναλύθηκαν παραπάνω έρχονται σε αντιπαράθεση. Το 2017 μία μετα-ανάλυση των Xie et al συμπεριέλαβε 21 μελέτες με 736 ασθενείς. Συνέκριναν τα αποτελέσματα μεταξύ ομάδων παρέμβασης ΗΠΤ και ομάδων ελέγχου που εκτελούν ΜΙCE για τουλάχιστον 4 εβδομάδες. Η έρευνα έδειξε ότι η ΗΠΤ βελτιώνει σε μεγαλύτερο βαθμό την αερόβια ικανότητα από ότι η ΜΙCE (52). Στον αντίποδα βρίσκεται μία ελεγχόμενη τυχαιοποιημένη έρευνα που έγινε από τους Oyvind et al το ίδιο έτος (2017), με 261 ασθενείς σε 9 διαφορετικά Ιατρικά κέντρα. Η εν λόγω μελέτη είναι η πρώτη τυχαιοποιημένη πολυκεντρική δοκιμή που αξιολογεί την ΗΠΤ σε χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια με μειωμένο κλάσμα εξώθησης και την συγκρίνει τους δύο πιο διαδεδομένους τρόπους άσκησης, την ΜCT ή την RRE. Μετά από 12 εβδομάδες η ΗΠΤ δεν ήταν καλύτερη από την ΜCT στην αντίστροφη αναδιαμόρφωση της αριστερής κοιλίας την αερόβια ικανότητα [54].

Άλλες μετα-αναλύσεις συνέκριναν τις δύο μορφές άσκησης το 2017 - 2018 με διαφορούμενα αποτελέσματα. Οι Hannan et al σε μία συστηματική ανασκόπηση και μετα-ανάλυση 17 μελετών που συμπεριελάμβαναν 953 ασθενείς (465 για ΗΠΤ και 488 για ΜΙCT) υποστήριξε ότι η ΗΠΤ βελτιώνει την καρδιοαναπνευστική ικανότητα σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό από ότι η ΜΙCT [55]. Οι Gomes et al σε δύο συστηματικές ανασκοπήσεις και μετα-αναλύσεις, βρέθηκε ότι η ΗΠΤ είναι ανώτερη από την ΜΙCE στην βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας αλλά, η ανωτερότητα αυτή εκμηδενίζεται όταν τα πρωτόκολλα της άσκησης είναι ισοθερμικά [55, 56]. Οι Pattyn et al σε μία συστηματική ανασκόπηση και μετα-ανάλυση 24 ερευνών που συμπεριλάμβανε 1080 άτομα βρήκαν ότι η ΑΠΤ συνετέλεσε σε σημαντικά υψηλότερα ποσοστά αύξησης της VO₂peak, με το μέγεθος επίδρασης της

ΗΠΤ στην VO₂peak να είναι περίπου στο διπλάσιο [58]. Η ενημερωμένη μετα-ανάλυση των Gomes et al 2020 συνεχίζει να υποστηρίζει ότι η υπεροχή της ΗΠΤ εξαφανίζεται όταν τα πρωτόκολλα είναι ισοθερμικά [57].

Δεν έχει επιτευχθεί συναίνεση σχετικά με το εάν η άσκηση ΗΠΤ παράγει ανώτερα φυσιολογικά, κλινικά και λειτουργικά οφέλη σε σύγκριση με την άσκηση ΜΙCΕ. Η ΗΠΤ μπορεί να είναι εξίσου αποτελεσματική με την ΜΙCΕ σε διάφορες παραμέτρους και παρέχει μία διαφορετική επιλογή αποκατάστασης σε καρδιοπαθείς. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε καμία έρευνα δεν παρατηρήθηκε ότι η ΗΠΤ είναι κατώτερη της ΜΙCΕ, αλλά το αντίστροφο έχει αποδειχθεί σε πολυάριθμες έρευνες. Πολλές έρευνες έχουν δείξει την ανωτερότητα της ΗΠΤ στην αερόβια ικανότητα και αντιστροφή της αριστερής κοιλίας έναντι της ΜΙCΕ. Ακόμα και σε έρευνες που δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο αυτών μεθόδων η ΗΠΤ ήταν ελαφρώς καλύτερη στην VO₂peak (έως και 5%), όπως και στην LVEDD (-2.8 mm στην ΗΠΤ έναντι -1.2 mm ΜΙCΕ), αλλά δεν ήταν στατιστικά σημαντική η διαφορά. Σε μία έρευνα αναφέρθηκε ότι η ΜΙCΕ είναι καλύτερη από την ΗΠΤ στην HRR1.

Οξείες επιδράσεις της άσκησης ΗΠΤ σε καρδιοπαθείς

Αρκετές μελέτες έχουν διερευνήσει τις οξείες φυσιολογικές αποκρίσεις της ΗΠΤ σε σύγκριση με την ΜΙCΕ, αλλά υπάρχουν λίγα δεδομένα σχετικά με το ποιο είναι το βέλτιστο πρωτόκολλο διαλειμματικής άσκησης (ΗΠΤ) υψηλής έντασης σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια.

Το 1996 οι Meyer et al σύγκριναν τρία διαφορετικά πρωτόκολλα ΗΠΤ που πραγματοποιήθηκαν με τυχαία σειρά σε 15 ασθενείς με χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια και NYHA τάξεως II και III. Ο σκοπός ήταν να εντοπιστούν τυχόν αλλαγές σε μεταβολικούς και καρδιακούς παραμέτρους, επίπεδα κατεχολαμινών και επίπεδο κόπωσης μεταξύ των τριών αυτών πρωτόκολλων. Η ένταση άσκησης προσδιορίστηκε από το ποσοστό της μέγιστης βραχυπρόθεσμης ικανότητας για άσκηση (MSEC), η οποία προσδιορίστηκε από δοκιμασία σε απότομη ράμπα. Η δοκιμασία είχε διάρκεια 3 λεπτά, κατά τα οποία υπήρχε αύξηση κατά 25 watts κάθε 10 δευτερόλεπτα μέχρι εξάντλησης. Το MSEC αντιστοιχεί κατά μέσον όρο σε λίγο περισσότερο από το διπλάσιο της PPO της VO₂peak. Το πρωτόκολλο Α (mode a) είχε 30 δευτερόλεπτα έντονης άσκησης στο 50% MSEC με 60 δευτερόλεπτα , το πρωτόκολλο Β (mode b) 15 δευτερόλεπτα στο 70% της MSEC και το πρωτόκολλο Γ (mode c) 10 δευτερόλεπτα στο 80% της MSEC. Και τα τρία πρωτόκολλα παρείχαν παρόμοια αποτελέσματα αναφορικά με τις μεταβολικές και καρδιακές παραμέτρους, με την ανταλλαγή αερίων, τα επίπεδα κατεχολαμινών και το επίπεδο κόπωσης [59].

Το 2012 έγινε μία προσπάθεια για πρώτη φορά για την δημιουργία ενός βέλτιστου πρωτόκολλου ΗΠΤ σε καρδιοπαθείς. Οι Meyer et al σύγκριναν τις οξείες καρδιοπνευμονικές αποκρίσεις σε 4

διαφορετικά πρωτόκολλα ΗΠΤ για να προσδιορίσουν ποιο είναι το βέλτιστο. Είκοσι άνδρες εκτέλεσαν 4 διαφορετικά πρωτόκολλα ΗΠΤ (A, B, C, D) σε κυκλοεργόμετρο, με τυχαία σειρά, για μία φορά το κάθε ένα. Ολόκληρη η έρευνα είχε διάρκεια 3 εβδομάδων και η εκτέλεση του κάθε πρωτόκολλου είχε διαφορά τουλάχιστον 3 ημερών μεταξύ τους και λιγότερο από 7 μέρες. Η ένταση ήταν στο 100% της PPO. Η έντονη φάση για το A και B είχε διάρκεια 30 δευτερόλεπτα και 90 δευτερόλεπτα για το C και D. Η φάση ανάκαμψης για τα A και C ήταν παθητική στο 0% του PPO και οι ασθενείς κάθονταν σε καρέκλα για 3 λεπτά. Η φάση ανάκαμψης για τα B και D ήταν ενεργητική στο 50% της PPO και είχε διάρκεια 2 λεπτά. Κάθε ασθενής εκτέλεσε άσκηση μέγιστου χρόνου 30 λεπτών ή μέχρι εξάντλησης λόγω κόπωσης, δύσπνοιας, ζαλάδας ή αδυναμίας να διατηρήσει ρυθμό πεταλιού στο 60 rpm. Μεταξύ των τεσσάρων πρωτοκόλλων το A με τις μικρές σε διάρκεια έντονες φάσεις των 30 δευτερολέπτων και με παθητική αποκατάσταση ήταν ανώτερο από τα υπόλοιπα, διότι επέτρεπε στους ασθενείς να αυξήσουν τον συνολικό χρόνο άσκησης σε υψηλές εντάσεις χωρίς να δαπανούν επιπρόσθετη ενέργεια στην ανάκτηση. Επιπλέον, το πρωτόκολλο A ήταν πιο ανεκτό από τους ασθενείς [60].

Κεφάλαιο 3: Μεθοδολογία

Περιγραφή αναζήτησης της βιβλιογραφίας

Στις αναζητήσεις που έγιναν στο PubMed αρκετά άρθρα βρέθηκαν να επαναλαμβάνονται καθώς και οι ερευνητές Meyer, Billat, Wisloff, εμφανίστηκαν αρκετές φορές. Ύστερα από προσεκτική μελέτη των διαφόρων δημοσιεύσεων τους, παραπομπών, ερευνών και της βιβλιογραφίας που χρησιμοποιήσαν, βρέθηκαν περαιτέρω στοιχεία και κατευθύνσεις για την ολοκλήρωση της έρευνας. Λέξεις- κλειδιά και περαιτέρω συμπληρωματικές πληροφορίες που συντέλεσαν στην συμπλήρωση επιπρόσθετων στοιχείων έγιναν κατά βάση στο Pubmed με ορολογία Mesh, αλλά και στο διαδίκτυο. Η συλλογή όλων των πληροφοριών έγινε από εγκεκριμένα επιστημονικά site με υψηλό δείκτη απήχησης (high impact factor), όπως το Circulation, και κάθε άρθρο ή πληροφορία που χρησιμοποιήθηκε είχε βιβλιογραφική αναφορά που παρέπεμπε σε συγκεκριμένη έρευνα. Ακόμη, υπήρχε πλήρης πρόσβαση σε όλα τα άρθρα. Οι επιστημονικοί ιστότοποι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι εξής: Pubmed, ACSM, AHA, Circulation, European Society of Cardiology, Heart Failure Assosiation (HFA), Sports Medicine. Περαιτέρω κατεύθυνση έγινε από τα: ResearchGate, Google, Google Scholar, ScienceDirect, NASM, Wiley Online Library. Από άρθρα που επιλέχτηκαν περαιτέρω παραπομπές και επιλογή επιπρόσθετων ερευνών έγινε από την επιλογή «Similar articles».

Οι κύριοι όροι που συμπεριλήφθηκαν στην έρευνα είναι:

High-Intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation με 186 αποτελέσματα όπου επιλέχτηκαν 20, High intensity exercise versus moderate intensity in heart failure με 21 αποτελέσματα όπου επιλέχτηκαν 3, Effects of interval exercise in heart failure 345 αποτελέσματα επιλέχτηκαν 15 και μερικές παραπομπές αυτών, Continuous versous interval exercise in heart failure 88 αποτελέσματα όπου επιλέχτηκαν 8, Continuous versous Interval exercise in heart failure 15 αποτελέσματα και επιλέχτηκαν 5, High-intensity interval exercise in chronic heart failure με 58 αποτελέσματα όπου επιλέχτηκαν 18 και άλλοι παρεμφερείς όροι αναζήτησης.

Ορολογία Mesh

Exercise Therapy

Heart Failure / therapy

Cardiac Rehabilitation / modality

Exercise / Therapy

High-intensity interval training

Συλλογή ιστορικών δεδομένων

Προκειμένου να αναλυθούν τα προηγούμενα ερωτήματα, όπως επίσης και για την εύρεση των σημαντικότερων ερευνών, έγινε μία ιστορική αναδρομή της άσκησης σε άτομα με καρδιακή ανεπάρκεια. Στην συνέχεια μελετήθηκαν τα σημαντικότερα σημεία που είχαν αντίκτυπο στα μέχρι τότε δεδομένα και γνώσεις της ιατρικής κοινότητας, τα οποία και αναφέρθηκαν. Αναγνωρίστηκε το σημείο όπου η άσκηση συνταγογραφήθηκε επίσημα σε ασθενείς με HF. Μελετήθηκε η πρώτη έρευνα ΗΠΤ, όπου απέδειξε τις ευεργετικές ιδιότητες που μπορεί να προσφέρει στους ασθενείς αυτούς. Αφού έγιναν γνωστά τα παραπάνω στοιχεία μελετήθηκαν οι πρωτοπόροι (Meyer) και τα μεγαλύτερα ερευνητικά ονόματα των μελετών αυτών, όπου και βοήθησαν σε περαιτέρω κατεύθυνση της έρευνας αυτής.

Πειραματικό πρωτόκολλο 2 / 1

Για να ελεγχθεί αν το καινούριο πρωτόκολλο που χρησιμοποιήθηκε έχει καλύτερες προσαρμογές στην αποκατάσταση και στην ποιότητα ζωής των ασθενών με HF, θα χρησιμοποιηθεί ο παραμετρικός έλεγχος Paired Sample T test, αν τα δεδομένα ακολουθούν την κανονική κατανομή, εκτός κι αν δεν ακολουθείται η κανονική κατανομή, οπότε και θα χρησιμοποιηθεί ο μη παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon Signed Ranks Test. Εφόσον το πλήθος του δείγματος είναι μικρό ($N < 30$), για να ελεγχθεί η κανονικότητα των δεδομένων, θα χρησιμοποιηθεί ο στατιστικός έλεγχος των Shapiro-Wilk, ο οποίος είναι πιο αξιόπιστος όταν εφαρμόζεται σε μικρά δείγματα.

Δείγμα Ασθενών

Συμπεριλήφθηκαν 10 ασθενείς ($N=10$), οι οποίοι όλοι ήταν διαγνωσμένοι με καρδιακή ανεπάρκεια, μέσου όρου ηλικίας τα 55 έτη με τον πιο νέο ασθενή να είναι 32 ετών και τον μεγαλύτερο να φτάνει τα 74 έτη. Οι ασθενείς συλλέχθηκαν από το τμήμα Εργοσπιρομετρίας του νοσοκομείου του Ευαγγελισμού στην Αθήνα, όπου και έλαβε μέρος όλη η διαδικασία του πρωτόκολλου. Προτού οι ασθενείς υποβληθούν στην διαδικασία του πρωτόκολλου πληρούσαν όλες τις προϋποθέσεις για να

είναι ασφαλής η διεξαγωγή της δραστηριότητας, όλοι έδωσαν την συγκατάθεσή τους για την διεξαγωγή του και την καταγραφή των δεδομένων και ολοκλήρωσαν με επιτυχία την διαδικασία.

Πειραματικό Πρωτόκολλο, μέθοδος

Στην παρούσα έρευνα θα χρησιμοποιηθούν 2 πρωτόκολλα. Και τα δύο πρωτόκολλα θα είναι υψηλής έντασης διαλειμματική προπόνηση. Το ένα πρωτόκολλο (φάση Α) θα έχει μορφή 4-3 και θα αποτελείται από 4 λεπτά υψηλής έντασης άσκηση και 3 λεπτά ενεργητικής αποκατάστασης. Το άλλο πρωτόκολλο (φάση Β) θα έχει μορφή 2-1, δηλαδή 2 λεπτά υψηλής έντασης άσκηση με ένα λεπτό ενεργητικής αποκατάστασης. Οι ασθενείς υποβλήθηκαν σε τεστ κοπώσεως, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των 5 δευτερολέπτων και στην συνέχεια με βάση αυτές τις μετρήσεις καθορίστηκαν οι εντάσεις. Αφού καταγράφηκαν τα δεδομένα, οι μετρήσεις και τα στοιχεία των ασθενών σε Excel, υποβλήθηκαν με τυχαία σειρά σε αυτές τις δύο μεθόδους άσκησης. Τα άτομα ήταν τα ίδια και η διαφορά μεταξύ της πραγματοποίησης της κάθε μεθόδου υπήρξε το διάστημα των 5 ημερών.

Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα

Πίνακας Δεδομένων και Μετρήσεων

	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
age	55,10	16,244	32	74
Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου	19,8000	4,53456	15,40	28,90
Αναερόβιο κατώφλι	12,3100	3,27667	9,30	19,70
Μέγιστος καρδιακός σφυγμός	122,4000	14,46989	100,00	143,00
Άθροισμα VO2 (Φάση A)	38,7620	11,14670	25,67	59,26
Ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνεται ανά καρδιακό σφυγμό (Φάση A)	1274,1190	280,64720	865,65	1771,32
Αναερόβιο κατώφλι (Φάση A)	1425,5000	365,82061	805,00	1810,00
Για πόσο χρόνο δούλεψαν πάνω από το 70%	1161,0000	229,33236	710,00	1485,00

VO2peak (Φάση A)				
Για πόσο χρόνο δούλεψαν πάνω από το 80% VO2peak (Φάση A)	821,0000	300,02592	110,00	1150,00
Για πόσο χρόνο δούλεψαν πάνω από το 90% VO2peak (Φάση A)	377,0000	300,30725	0,00	835,00
Αναπνευστικό πηλίκιο (Φάση A)	0,9590	0,04254	0,90	1,03
HR:καρδιακός σφυγμός, abs απόλυτες τιμές (Φάση A)	91,3000	12,67587	77,00	115,00
HR: καρδιακός σφυγμός επί τις 100 (Φάση A)	74,7800	8,80313	64,70	92,60
Μέσος όρος του VO2 σε απόλυτες τιμές (Φάση A)	14,9700	3,34433	11,30	22,50
Μέσος όρος του VO2 σε απόλυτες τιμές (Φάση A)	75,9800	6,45270	63,90	85,50
Κλίμακα κόπωσης (Φάση A)	14,2000	1,87380	10,00	17,00

A)				
Πρόσληψη οξυγόνου, καρδιακός σφυγμός (Φάση A)	13,6800	3,17658	9,60	18,10
Διάρκεια πρωτόκολλου (Φάση A)	31,0000	0,00000	31,00	31,00
Συνολικό έργο (Φάση A)	22192,8000	7968,14498	13260,00	35856,00
Άθροισμα VO2 (Φάση B)	36,0280	10,69241	22,40	53,95
Ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνεται ανά καρδιακό σφυγμό (Φάση B)	1375,1950	313,66860	852,64	1954,49
Αναερόβιο κατώφλι (Φάση B)	1392,0000	222,20111	1005,00	1725,00
Για πόσο χρόνο δούλεψαν πάνω από το 70% VO2peak (Φάση B)	1218,5000	148,69899	930,00	1445,00
Για πόσο χρόνο δούλεψαν πάνω	930,5000	199,04564	505,00	1145,00

από το 80% VO2peak (Φάση B)				
Για πόσο χρόνο δούλεψαν πάνω από το 90% VO2peak (Φάση B)	550,0000	282,33156	15,00	925,00
Αναπνευστικό πηλίκο (Φάση B)	1,0310	0,10493	0,91	1,16
HR:καρδιακός σφυγμός, abs: απόλυτες τιμές (Φάση B)	101,2000	12,09040	82,00	121,00
HR: καρδιακός σφυγμός, per: percentage επί τις 100 (Φάση B)	82,8700	7,35634	74,80	95,70
VO2: πρόσληψη οξυγόνου, av: average μέσος όρος, abs: absolute απόλυτες τιμές (Φάση B)	16,0400	2,76614	12,00	20,80
VO2: πρόσληψη οξυγόνου, av: average μέσος όρος, per: percentage επί τις 100 (Φάση B)	81,3300	7,04431	68,40	90,90

Κλίμακα κόπωσης (Φάση Β)	15,4444	2,24227	12,00	19,00
VO2: πρόσληψη οξυγόνου, HR:καρδιακός σφυγμός (Φάση Β)	13,2800	2,99956	9,30	17,70
Διάρκεια πρωτόκολλου (Φάση Β)	26,6200	1,97585	23,60	29,90
Συνολικό έργο (Φάση Β)	22515,7000	7776,99408	13440,00	36000,00

Έλεγχος Κανονικότητας

Πίνακας 1: Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk	
	Statistic	df	p-value	Statistic	df
VO2.sum.int_dif	.197	9	.200*	.916	9
VE.sum.int_dif	.253	9	.100	.897	9
AT.int_dif	.187	9	.200*	.915	9
p70.int_dif	.174	9	.200*	.932	9
p80.int_dif	.136	9	.200*	.974	9
p90.int_dif	.142	9	.200*	.960	9
RQ.int_dif	.200	9	.200*	.959	9
HR.abs.int_dif	.186	9	.200*	.908	9
HR.per.int_dif	.185	9	.200*	.936	9

VO2.av.abs.int_dif	.290	9	.028	.796	9
VO2.av.per.int_dif	.201	9	.200*	.868	9
Borg.fat.int_dif	.215	9	.200*	.813	9
VO2.HR.int_dif	.244	9	.129	.822	9
Dur.int_dif	.237	9	.153	.906	9
W.int_dif	.374	9	.001	.564	9
*. This is a lower bound of the true significance.					
a. Lilliefors Significance Correction					

***p-value < 0.05**

Ο παραπάνω πίνακας παρουσιάζει τα αποτελέσματα από τους ελέγχους κανονικότητας για τις μεταβλητές που δημιουργήθηκαν από τις διαφορές μεταξύ των δυο πρωτοκόλλων ΗΙΠΤ (Φάση Α – Φάση Β). Σύμφωνα με τον στατιστικό έλεγχο των Shapiro-Wilk, όλες οι μεταβλητές που παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων ΗΙΠΤ ακολουθούν την κανονική κατανομή, καθώς $p\text{-value} > 0.05$, εκτός από τις μεταβλητές: VO2.av.abs, Borg.fat.int, VO2.HR.int, W.int, ($p\text{-value} < 0.05$).

Paired Sample T test

<i>Paired Samples Test</i>		Paired Differences		t	p-value
		Mean	Std. Deviation		
Pair 1	Άθροισμα VO2 (Φάση Α) - Άθροισμα VO2 (Φάση Β)	2.73400	2.73178	3.165	*0.011

Pair 2	Ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνεται ανα καρδιακό σφυγμό (Φάση A) - Ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνεται ανα καρδιακό σφυγμό (Φάση B)	-101.07600	100.81250	-3.171	*0.011
Pair 3	Αναερόβιο κατώφλι (Φάση A) - Αναερόβιο κατώφλι (Φάση B)	33.50000	183.44012	0.577	0.578
Pair 4	Για πόσο χρόνο δούλεψαν πάνω από το 70% VO2peak (Φάση A) - Για πόσο χρόνο δούλεψαν πάνω από το 70% VO2peak (Φάση B)	-57.50000	165.11360	-1.101	0.299
Pair 5	Για πόσο χρόνο δούλεψαν πάνω από το 80% VO2peak (Φάση A) - Για πόσο χρόνο δούλεψαν πάνω από το 80% VO2peak (Φάση B)	-109.50000	172.76268	-2.004	0.076
Pair 6	Για πόσο χρόνο δούλεψαν πάνω από το 90% VO2peak (Φάση A) - Για πόσο χρόνο δούλεψαν πάνω από το 90% VO2peak (Φάση B)	-173.00000	211.49205	-2.587	*0.029
Pair 7	Αναπνευστικό ηηλίκο (Φάση A) - Αναπνευστικό ηηλίκο (Φάση B)	-0.07200	0.10141	-2.245	0.051

Pair 8	HR:καρδιακός σφυγμός, abs απόλυτες τιμές (Φάση A) - HR:καρδιακός σφυγμός, abs: απόλυτες τιμές (Φάση B)	-9.90000	4.84080	-6.467	*0.000
Pair 9	HR: καρδιακός σφυγμός επί τις 100 (Φάση A) - HR: καρδιακός σφυγμός, per: percentage επί τις 100 (Φάση B)	-8.09000	3.89171	-6.574	*0.000
Pair 10	Μέσος όρος του VO2 σε απόλυτες τιμές (Φάση A) - VO2: πρόσληψη οξυγόνου, av: average μέσος όρος, per: percentage επί τις 100 (Φάση B)	-5.35000	5.27747	-3.206	*0.011
Pair 11	Διάρκεια πρωτόκολλου (Φάση A) - Διάρκεια πρωτόκολλου (Φάση B)	4.38000	1.97585	7.010	*0.000

*p-value<0.05

Για τις μεταβλητές VO2.av.abs, Borg.fat.int, VO2.HR.int και W.int, που δεν ακολουθούν κανονική κατανομή θα χρησιμοποιηθεί ο μη παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon Signed Ranks Test.

Wilcoxon Signed Ranks Test	
-----------------------------------	--

	VO2 abs: (Φάση B) - VO2 abs: (Φάση A)	Borg.fat(Φάση B) - Borg.fat(Φάση A)	VO2.HR: (ΦάσηB) VO2.HR (ΦάσηA)
Z	-2,092 ^b	-1,160 ^b	-1,660 ^c
p-value	*0.036	0.246	0.097
*p-value<0.05			

Αποτελέσματα του καινοτόμου πρωτόκολλου

Οι μετρήσεις έδειξαν ότι η ΗΠΤ είναι μία καλή μέθοδος για τη βελτίωση της φυσικής κατάστασης και της ποιότητας ζωής ασθενών με HF. Συγκεκριμένα μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων, το δεύτερο (2/1) είχε καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με το 4/3. Οι ασθενείς μπόρεσαν να χρησιμοποιήσουν περισσότερο οξυγόνο σε άθροισμα σε σχέση με το πρωτόκολλο 4/3 ($p=0.011$), επίσης υπήρξε βελτίωση στην ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνεται ανά καρδιακό σφυγμό ($p=0.011$), αύξηση του καρδιακού σφυγμού ($p=0.00$), αύξηση στον μέσον όρο πρόσληψης οξυγόνου ($p=0.011$). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις εντάσεις 70% και 80% της VO₂peak, ωστόσο στην ένταση του 90% της VO₂peak παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση ($p=0,029$) με τους ασθενείς να μπορούν να διατηρήσουν για μεγαλύτερη διάρκεια την άσκηση σε αυτές τις εντάσεις. Η διάρκεια του πρωτοκόλλου 2/1 ήταν μεγαλύτερη ($p=0.000$), όπως επίσης και το συνολικό έργο ($p=0.022$). Τέλος, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο αναερόβιο κατώφλι και στο αναπνευστικό πηλίκιο.

Κεφάλαιο 5: Συζήτηση αποτελεσμάτων

Η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου είναι η πιο ακριβής μέτρηση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας, και η βελτιώσή της είναι ζωτικής σημασίας σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια. Σύμφωνα με τις μετρήσεις, στο πρωτόκολλο 2-1 οι ασθενείς μπόρεσαν και χρησιμοποίησαν περισσότερο οξυγόνο στο σύνολο ($p=0.011$). Υπήρξαν βελτιώσεις στην ποσότητα κατανάλωσης οξυγόνου ανά καρδιακό σφυγμό ($p=0.011$), στον μέσον όρο πρόσληψης οξυγόνου ($p=0.011$) και αύξηση του καρδιακού σφυγμού ($p=0.00$). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις εντάσεις 70% και 80%, ωστόσο στην ένταση του 90% της VO_{2peak} παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση ($p=0,029$) με τους ασθενείς να μπορούν να διατηρήσουν για μεγαλύτερη διάρκεια την άσκηση σε αυτές τις εντάσεις. Όλες αυτές είναι πολύ θετικές ενδείξεις για την αποτελεσματικότητα του πρωτόκολλου 2-1. Αν και θα μπορούσε να ισχυριστεί κανείς ότι το πρωτόκολλο 2-1 ήταν πιο αποτελεσματικό, γιατί πραγματοποιήθηκε δεύτερο στην σειρά και οι ασθενείς είχαν ήδη κάνει κάποιες προπονήσεις, ωστόσο αυτό δεν ισχύει, διότι τα πρωτόκολλα πραγματοποιήθηκαν με τυχαία σειρά, που σημαίνει ότι και το 2 / 1 μπορεί να διαδεχόταν το 4 / 3. Σε οποιαδήποτε και από τις δύο περιπτώσεις το πρωτόκολλο 2-1 είχε καλύτερα αποτελέσματα. Οι αλλαγές στην φυσική κατάσταση ήταν άμεσες και η φυσική κατάσταση των ασθενών βελτιώθηκε μέσα στην πρώτη εβδομάδα. Αυτή η σημαντική βελτίωση της φυσικής κατάστασης ενδεχομένως να συνέβη, διότι οι ασθενείς είχαν χαμηλή φυσική κατάσταση εξ αρχής, όπως επίσης και μεγαλύτερη ανοχή στην άσκηση στην ένταση του 90%. Παρ' όλα αυτά η βελτίωση ήταν μεγαλύτερη στο πρωτόκολλο 2-1 και θέτει μία ισχυρή υπόθεση για πειραματισμό. Περαιτέρω κλινικές έρευνες κρίνονται απαραίτητες, γιατί, ενώ οι οξείες επιδράσεις ήταν σαφώς καλύτερες, δεν μπορούν να διατυπωθούν με βεβαιότητα οι μακροχρόνιες επιδράσεις και προσαρμογές που πρόκειται να έχει. Το γεγονός ότι οι οξείες προσαρμογές είναι καλύτερες είναι πολύ σημαντικό, διότι μπορεί να μειώσει τον χρόνο αποκατάστασης και επανένταξης των ασθενών στην καθημερινότητα. Λιγότερος χρόνος νοσηλείας και πιο σύντομη επανένταξη των ασθενών στην καθημερινότητα, συνεπάγεται λιγότερες χρηματικές δαπάνες του κράτους, αλλά και βελτίωση προσωπικού, κοινωνικού και οικονομικού επιπέδου των ασθενών.

Περιορισμοί μελέτης

Υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί στην παρούσα μελέτη σύγκρισης και χρίζουν περιγραφής. Ο αριθμός των ασθενών της παρούσας μελέτης υπήρξε μικρός. Η μελέτη πρέπει επομένως να θεωρηθεί ως έρευνα POC (Proof Of Concept). Δεν είναι γνωστό εάν το παρόν εκπαιδευτικό πρωτόκολλο θα αποφέρει παρόμοιες προσαρμογές στην καρδιακή ανεπάρκεια λόγω άλλων αιτιών εκτός από το

έμφραγμα του μυοκαρδίου, γι' αυτό τα αποτελέσματα δεν είναι εφικτό να γενικευτούν. Τίθεται και το θέμα ασφάλειας του παρόντος πρωτόκολλου, όπως και κάθε καινούριας μεθόδου που δεν έχει περαιτέρω ερευνηθεί και θα χρειαστεί μεγαλύτερος αριθμός ασθενών για να επιβεβαιωθεί η ασφάλειά του. Η μελέτη αυτή αξιολόγησε μόνο δυο πρωτόκολλα ΗΠΤ. Τέλος, το παρόν πρωτόκολλο ήταν αποτελεσματικό αλλά θα πρέπει να αξιολογηθεί σε μια μεγάλη τυχαιοποιημένη κλινική μελέτη.

Κεφάλαιο 6: Βελτιώσεις της υφιστάμενης γνώσης

Η άσκηση ΗΠΤ φαίνεται να είναι η πιο αποτελεσματική μέθοδος στην βελτίωση της VO₂peak και την αναδιαμόρφωση της LV. Δεν υπάρχουν καθολικά αποδεκτά μήκη για την περίοδο υψηλής έντασης, την περίοδο ανάκτησης ή την αναλογία μεταξύ των δύο. Επίσης δεν υπάρχει κανένας κοινός αποδεκτός αριθμός κύκλων και διάρκειας για κανένα πρωτόκολλο ΗΠΤ, όπως και καμία κοινή αποδεκτή σχετική ένταση στην οποία πρέπει να εκτελεστεί η άσκηση υψηλής έντασης. Η επιλογή γίνεται κυρίως εμπειρικά. Δεν είναι εύκολη η επιλογή και εύρεση του καταλληλότερου πρωτοκόλλου ΗΠΤ λόγω των πολλών παραμέτρων της, όπως ο τρόπος άσκησης, η ένταση, η προσπάθεια και οι χρόνοι ανάπαυσης. Άλλοι λόγοι δυσκολίας εύρεσης βέλτιστου πρωτοκόλλου είναι λόγω της ετερογένειας των ασθενών αλλά και των συμπτωμάτων και αιτιών της νόσου αυτής. Αυτό συμβαίνει, επίσης, διότι οι ασθενείς με HF φαίνεται να ανταποκρίνονται διαφορετικά σε ΗΠΤ σύμφωνα με την αρχική ικανότητά τους για άσκηση (ασθενείς με σοβαρά μειωμένη ικανότητα άσκησης είναι σε θέση να ασκηθούν για περισσότερο χρόνο σε υψηλότερα ποσοστά VO₂peak, σε πρωτόκολλα με παθητική ανάκτηση). Η ένταση της άσκησης και ο χρόνος σε υψηλές εντάσεις, καθώς επίσης και η συχνότητα άσκησης, έχει καλύτερα καρδιοπνευμονικά αποτελέσματα σε ασθενείς με HF. Από τις μελέτες έχει βρεθεί ότι οι ασθενείς μπορούν να ανεχτούν εντάσεις έως και 100% του PPO. Επίσης και στην μικρή έρευνα που διεξήχθη από το τμήμα Εργοσπιρομετρίας του νοσοκομείου του Ευαγγελισμού, αλλά και από την έρευνα σύγκρισης πρωτοκόλλων του Meyer, τα πρωτόκολλα με πιο σύντομη φάση έντονης άσκησης, φέρουν καλύτερα αποτελέσματα από εκείνα με μεγαλύτερη διάρκεια. Με βάση τα παραπάνω και με την παρούσα γνώση, δεν είναι δυνατή η συνταγογράφηση ενός βέλτιστου πρωτοκόλλου ΗΠΤ και επιπλέον θα ήταν λανθασμένη η συνταγογράφηση ενός ενιαίου πρωτοκόλλου ΗΠΤ για όλους τους ασθενείς με HF, για λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω. Θα ήταν πολύ πιο σωστό και εφικτό να βρεθεί ένα βέλτιστο εύρος της συχνότητας, της έντασης, της διάρκειας της άσκησης – ανάκαμψης και του συνολικού χρόνου άσκησης.

Δεδομένου ότι η ένταση είναι στο 90% - 100% του PPO, και αυτών που ειπώθηκαν παραπάνω, τα πρωτόκολλα ΗΠΤ δεν θα πρέπει να έχουν μεγάλη διάρκεια έντονης φάσης, διότι θα επέλθει πιο γρήγορη κόπωση και εξάντληση, αυξάνεται ο κίνδυνος, καθίσταται πιο δυσάρεστη η άσκηση στον ασθενή, και υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα εγκατάλειψης του προγράμματος της άσκησης. Η μεγάλη χρονική διάρκεια της έντονης φάσης συνεπάγεται επίσης και λιγότερο χρόνο άσκησης σε αυτές τις εντάσεις, κυρίως όταν η ανάκαμψη είναι ενεργητική. Επομένως, η φάση της υψηλής έντασης θα πρέπει να είναι μικρής διάρκειας, αλλά όχι τόσο, ώστε ο ασθενείς να μην μπορέσει να φτάσει την επιθυμητή ένταση. Η φάση ανάκτησης θα πρέπει να είναι παθητική ή πολύ χαμηλής έντασης. Οι σύντομες - έντονες φάσεις άσκησης και η παθητική φάση ανάκτησης συνεπάγεται σε μεγαλύτερης

χρονικής διάρκειας άσκηση σε υψηλές έντάσεις. Επιπλέον, αυτός ο τρόπος άσκησης είναι πιο ευχάριστος και υπάρχουν περισσότερες πιθανότητες προσκόλλησης του ασθενούς σε άσκηση. Συνοψίζοντας, αν η ένταση της άσκησης είναι στο 90%-100% της PPO, ο χρόνος της έντονης φάσης θα πρέπει να έχει διάρκεια 30 – 60 δευτερόλεπτα και χρόνο παθητικής αποκατάστασης 2 – 3 λεπτά. Για ένταση άσκησης στο 90% της PPO θα μπορούσε να αυξηθεί ο χρόνος της έντονης φάσης, αλλά όχι σε μεγάλο βαθμό, διότι στόχος είναι η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διάρκεια άσκησης σε υψηλές εντάσεις.

Τα συμπεράσματα που αναφέρονται σε αυτό το τμήμα της έρευνας είναι θεωρίες που προέκυψαν μελετώντας προηγούμενες και παρεμφερείς έρευνες πάνω σε αυτές τις εντάσεις και διάρκειες. Τα παραπάνω πρωτόκολλα δεν έχουν δοκιμαστεί σε όλο το εύρος που αναφέρθηκε πιο πάνω και αποτελούν μία προσπάθεια προσέγγισης ενός βέλτιστου πρωτόκολλου (ή οριοθέτηση ενός βέλτιστου εύρους). Θα χρειαστούν κλινικές δοκιμές και δοκιμές σύγκρισης των μεθόδων μεταξύ τους για να αποδειχτούν τα παραπάνω. Τέλος, ευελπιστώ στην δημιουργία καινούριων προτάσεων που θα θέσουν το έναυσμα για πειραματισμούς και θα στην προσέγγιση και οριοθέτηση μιας πιο βέλτιστης μορφής ΗΠΤ σε καρδιοπαθείς.

Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα και μελλοντικές κατευθύνσεις

Η αποκατάσταση, και ειδικότερα η καρδιακή αποκατάσταση είναι πιο περίπλοκο θέμα από ότι πιστεύεται από την γενική γνώμη, γιατί εμπεριέχει και παραμέτρους που δεν έχουν να κάνουν μόνο με την φυσική κατάσταση του ασθενούς. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας προσέφερε έναν ορισμό της καρδιακής αποκατάστασης που συνοψίζει πολύ καλά τους στόχους που θα πρέπει να έχει ένα πρόγραμμα αποκατάστασης:

Είναι το άθροισμα των δραστηριοτήτων που απαιτούνται για να επηρεάσει θετικά την υποκείμενη αιτία της νόσου, καθώς και να εξασφαλίσει στον ασθενή τις καλύτερες δυνατές σωματικές, ψυχικές και κοινωνικές συνθήκες, έτσι ώστε να μπορούν με τις δικές τους δυνάμεις, να διατηρήσουν ή να αποκτήσουν εκ νέου όταν χάσουν, όσο το δυνατόν πιο φυσιολογικά ένα μέρος της ζωή τους στην κοινωνία (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, 1993).

Συνοψίζοντας όλα τα δεδομένα και τα αποτελέσματα που μελετήθηκαν καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα. Η άσκηση πρέπει να είναι αναπόσπαστο κομμάτι σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια. Η χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια (CHF) είναι ένα σύνθετο σύνδρομο που χαρακτηρίζεται από προοδευτική μείωση της λειτουργίας της αριστερής κοιλίας, χαμηλή ανοχή στην άσκηση και αύξηση της θνησιμότητας και της νοσηρότητας. Δεν έχει αποδειχθεί ακόμα μία αποτελεσματική θεραπεία για τη μείωση της νοσηρότητας ή της θνησιμότητας σε ασθενείς με HF. Η τακτική συμμετοχή στην άσκηση έχει αποδειχθεί ότι είναι μια ασφαλής και αποτελεσματική θεραπεία στην πλειοψηφία των ασθενών με CHF, αντιστρέφοντας εν μέρει μερικές από τις δυσλειτουργίες που είναι εμφανείς στη λειτουργία του μυοκαρδίου και των σκελετικών μυών, με αποτέλεσμα τις βελτιώσεις στη φυσική κατάσταση, την ποιότητα ζωής και την μείωση της θνησιμότητας. Η VO₂max είναι το πιο ακριβές μέτρο για την καρδιοαναπνευστική ικανότητα και μετράει την μέγιστη ποσότητα οξυγόνου που μπορεί το σώμα να χρησιμοποιήσει σε ένα λεπτό ανά κιλό σωματικού βάρους. Κατά την άσκηση ο καρδιακός σφυγμός ανταποκρίνεται με την αύξησή του σε συχνότητα για να μπορέσει να στείλει το οξυγόνο αυτό στο σώμα.

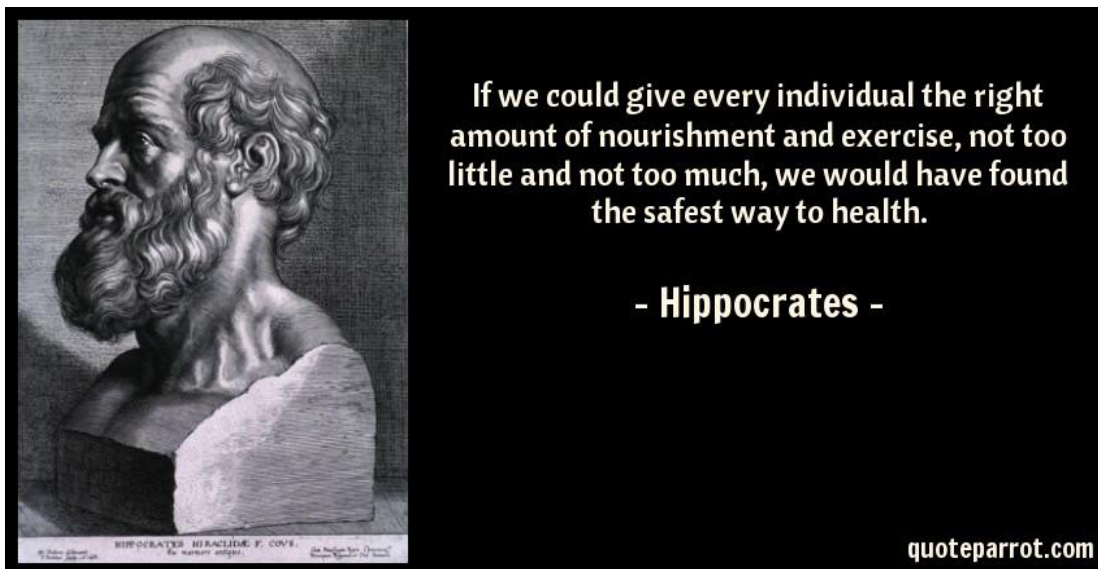
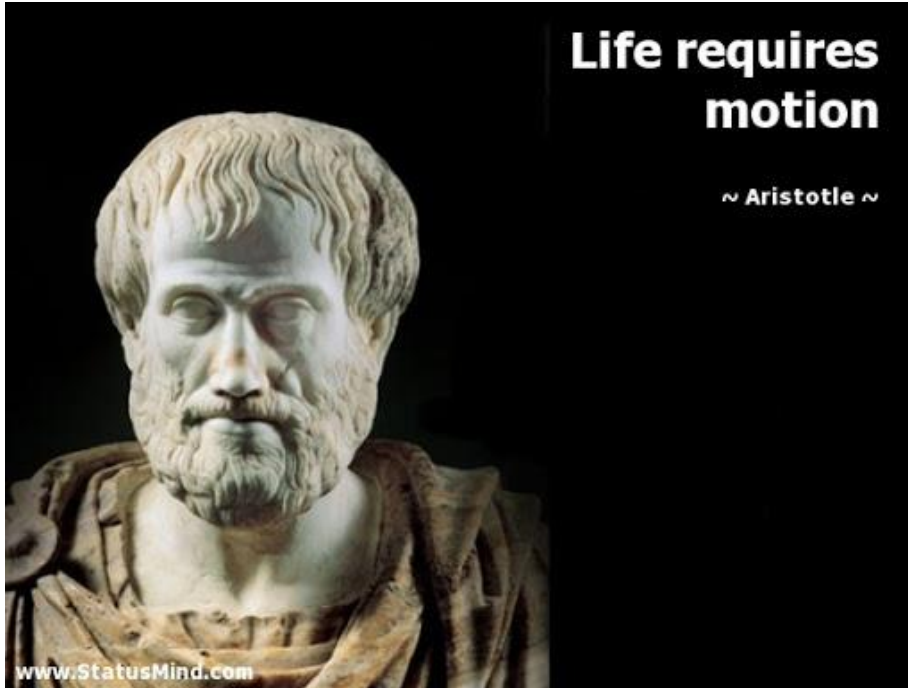
Από το σύνολο των αποδεικτικών στοιχείων για την μέθοδο ΗΠΤ, που συνοψίζονται σε αυτήν την μελέτη, μπορούν να εξαχθούν πολλά συμπεράσματα. Πρώτα απ' όλα, η ΗΠΤ έχει καθιερωθεί πλέον ως μέθοδος βελτίωσης της φυσικής κατάστασης και ποιότητας ζωής των ασθενών με καρδιακή ανεπάρκεια. Αν και η διαλειμματική άσκηση υψηλής έντασης είναι σχετικά καινούρια μορφή αποκατάστασης, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης αποδεικνύεται ότι η ΗΠΤ τείνει να είναι πιο αποτελεσματική μέθοδος αποκατάστασης από την ΜΙΣΕ για τη βελτίωση του VO₂peak και την αναδιαμόρφωση της LV, σε ασθενείς με HF και μειωμένο LVEF. Αυτό είναι ένα σημαντικό εύρημα δεδομένου ότι η καλύτερη λειτουργική ικανότητα μεταφράζεται σε βελτίωση των

συμπτωμάτων και της ποιότητας ζωής. Θα χρειαστούν επιπλέον έρευνες και πειραματισμοί για να έχουμε μία πιο ολοκληρωμένη άποψη, αλλά μέχρι στιγμής τα αποτελέσματα είναι πολύ ενθαρρυντικά. Τα αποτελέσματα της άσκησης ΗΠΤ είναι άμεσα στη βελτίωση των ασθενών. Με την άσκηση ΗΠΤ οι ίδιες ενεργειακές δαπάνες μπορούν να πραγματοποιηθούν σε μικρότερο χρονικό διάστημα, κάτι που μπορεί να είναι μια σημαντική πρακτική πτυχή που πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά τη διάρκεια ενός προγράμματος αποκατάστασης. Η άσκηση ΗΠΤ είναι περίπλοκη, γιατί οι παράμετροι που την αποτελούν είναι πολλοί. Υπάρχει σχεδόν απεριόριστος αριθμός πιθανών ασκήσεων, συνδυασμοί διαστημάτων της έντονης φάσης και συνδυασμοί διαστημάτων ανάκτησης, που θα έπρεπε να ερευνηθούν σε ένα ευρύ φάσμα ασθενών. Διαφορετικοί συνδυασμοί ΗΠΤ έχουν δοκιμαστεί σε διάφορους πληθυσμούς και προκαλούν διαφορές στις οξείες φυσιολογικές αποκρίσεις και πρέπει να ληφθούν υπόψη. Παρ' όλους τους διαφορετικούς συνδυασμούς που έχουν δοκιμαστεί, δεν έχουν γίνει αρκετές έρευνες και πειραματισμοί, ώστε να βρούμε ποιο πρωτόκολλο θα μπορούσε να είναι αποδοτικότερο.

Άλλο ένα ερώτημα που τίθεται να απαντηθεί αφορά την ασφάλεια της μεθόδου αυτής. Δεδομένου και της πολυπλοκότητας της μεθόδου αυτής εξαιτίας των πολλών παραμέτρων της. Αν και οι έρευνες φαίνεται να είναι ασφαλείς, χρειάζεται περισσότερος πειραματισμός.

Ένα ακόμα ζήτημα που προκύπτει, είναι η ανεκτικότητα της άσκησης αυτής από τους ασθενείς καθώς και η ασφάλεια. Δεδομένου του άγχους και της κατάθλιψης των ασθενών αυτών, καθίσταται πολύ δύσκολη η προσκόλληση των ασθενών αυτών σε πρόγραμμα άσκησης κυρίως μακροχρόνια.

Ενώ η άσκηση δεν είναι θεραπεία για την καρδιακή ανεπάρκεια, η κατάλληλα προδιαγεγραμμένη άσκηση έχει ως αποτέλεσμα βελτιώσεις στην ανοχή στην άσκηση λόγω βελτιώσεων στο μυοσκελετικό σύστημα, στην αναπνευστική και αυτόνομη λειτουργία με κάποια στοιχεία που υποδηλώνουν οφέλη κατά της αναδιαμόρφωσης για το μυοκάρδιο. Όλα αυτά συμβάλλουν στη βελτίωση τόσο των κλινικών όσο και των λειτουργικών προοπτικών και μπορεί να μειώσουν τη θνησιμότητα και τις νοσηλείες. Η άσκηση πρέπει να θεωρηθεί ως μια ζωτικής σημασίας στρατηγική για τη μείωση της εξέλιξης της, ή ακόμα και εν μέρει αντίστροφα, οι δυσπροσαρμογές που συμβαίνουν σε αυτό σύνδρομο. Τα ατομικά προσεκτικά εποπτευόμενα προγράμματα από κατάλληλα εκπαιδευμένους επαγγελματίες υγείας μπορούν να είναι ακίνδυνα και αποτελεσματικά για να μειώσουν το βάρος της νόσου και να βελτιώσουν την ποιότητα της ζωής των ασθενών με καρδιακή ανεπάρκεια.



Κεφάλαιο 8: Βιβλιογραφία – Πηγές

1. Gerd Assmann, Paul Cullen, Fabrizio Jossa, Barry Lewis, and Mario Mancini
Coronary Heart Disease: Reducing the Risk. The Scientific Background to Primary and Secondary Prevention of Coronary Heart Disease A Worldwide View. American Heart Association (AHA) 1999
2. Rawan Aldahash¹, Hussain Al Dera, College of Medicine, King Saud bin Abdulaziz University for Health Science (KSAU-HS), College of Medicine, King Saud bin Abdulaziz University for Health Science (KSAU-HS), King Abdullah International Medical Research Center (KAIMRC)
Physical therapy program improves the physiological impact towards better quality of life and low cardiac risk factors in patients following coronary artery bypass grafting. Systematic review, 2016
3. James B. Young, John A. Farmer
The Diagnostic Evaluation of Patients with Heart Failure. Springer Link, Book Congestive Heart Failure
4. R Coronel, JR de Groot, JJ van Lieshout
Defining Heart Failure. 01 June 2001 ESC
5. Hunt SA, Baker DW, Chin MH, Cinquegrani MP, Feldman AM, Francis GS, Ganiats TG, Goldstein S, Gregoratos G, Jessup ML, Noble RJ, Packer M, Silver MA, Stevenson LW, Gibbons RJ, Antman EM, Alpert JS, Faxon DP, Fuster V, Jacobs AK, Hiratzka LF, Russell RO, Smith SC Jr; American College of Cardiology/American Heart Association. ACC/AHA guidelines for the evaluation and management of chronic heart failure in the adult: executive summary. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to revise the 1995 Guidelines for the Evaluation and Management of Heart Failure). J Am Coll Cardiol. 2001 Dec;38(7):2101-13. doi: 10.1016/s0735-1097(01)01683-7. PMID: 11738322.
6. Gianluigi Savarese, Lars H Lund
Global Public Health Burden of Heart Failure. 2017 PubMed

7. Task Force Members: Piotr Ponikowski* (Chairperson) (Poland), Adriaan A. Voors* (Co-Chairperson) (The Netherlands), Stefan D. Anker (Germany), Hector Bueno (Spain), John G. F. Cleland (UK), Andrew J. S. Coats (UK), Volkmar Falk (Germany), Jose´ Ramo´n Gonza´lez-Juanatey (Spain), Veli-Pekka Harjola (Finland), Ewa A. Jankowska (Poland), Mariell Jessup (USA), Cecilia Linde (Sweden), Petros Nihoyannopoulos (UK), John T. Parissis (Greece), Burkert Pieske (Germany), Jillian P. Riley (UK), Giuseppe M. C. Rosano (UK/Italy), Luis M. Ruilope (Spain), Frank Ruschitzka (Switzerland), Frans H. Rutten (The Netherlands), Peter van der Meer (The Netherlands)
2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure
8. Mayo Clinic Healthy Heart for life
www.mayoclinic.org/diseases-conditions/heart-failure/symptoms-causes/syc-20373142
9. Ponikowski P, Anker SD, AlHabib KF, Cowie MR, Force TL, Hu S, Jaarsma T, Krum H, Rastogi V, Rohde LE, Samal UC, Shimokawa H, Budi Siswanto B, Sliwa K, Filippatos G. Heart failure: preventing disease and death worldwide. *ESC Heart Fail.* 2014 Sep;1(1):4-25. doi: 10.1002/ehf2.12005. PMID: 28834669.
10. Financial Times
The man who invented the exercise. September 12 2009
11. The New York Times
Jeremy Morriw, Who Proved Exercise I Heart – Healthy, Dies at 99½. Nov. 7, 2009
12. J. N. MORRIS, F.R.C.P., D.P.H. AND MARGARET D. CRAWFORD, M.D
CORONARY HEART DISEASE AND PHYSICAL ACTIVITY OF WORK . NCBI 1953
www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2027542/pdf/brmedj03082-0009.pdf
13. Jere H. Mitchell, Benjamin D. Levine, Darren K. McGuire
The Dallas Bed Rest and Training Study Revisited After 50 Years. *Circulation* 14 Oct 2019
14. Mampuya WM. Cardiac rehabilitation past, present and future: an overview. *Cardiovasc Diagn Ther.* 2012;2(1):38-49. doi:10.3978/j.issn.2223-3652.2012.01.02
15. Bethell HJ.
Cardiac rehabilitation. From Hellerstein to the millennium.
International journal of clinical practice vol. 54,2 (2000): 92-7.

16. Sullivan MJ, Higginbotham MB, Cobb FR.
Exercise training in patients with severe left ventricular dysfunction. Hemodynamic and metabolic effects. *Circulation* 1988
17. Meyer P, Gayda M, Juneau M, Nigam A.
High-intensity aerobic interval exercise in chronic heart failure. *Curr Heart Fail Rep.* 2013
18. Piepoli, M. F., Davos, C., Francis, D. P., Coats, A. J. S., & ExTraMATCH Collaborative (2004).
Exercise training meta-analysis of trials in patients with chronic heart failure (ExTraMATCH).
19. O'Connor CM, Whellan DJ, Lee KL, et al.
Efficacy and safety of exercise training in patients with chronic heart failure: HF-ACTION randomized controlled trial
20. Authors/Task Force Members, McMurray, J. J. V., Adamopoulos, S., Anker, S. D., Auricchio, A., Bohm, M., Dickstein, K., Falk, V., Filippatos, G., Fonseca, C., Gomez-Sanchez, M. A., Jaarsma, T., Kober, L., Lip, G. Y. H., Maggioni, A. P., Parkhomenko, A., Pieske, B. M., Popescu, B. A., Ronnevik, P. K., ... Ponikowski, P. (2012). ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012: The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure 2012 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association (HFA) of the ESC.
21. Braunwald, Eugene .
“Featuring: Eugene Braunwald.” *European cardiology* vol. 14,2 130-133. 11 Jul. 2019, doi:10.15420/ecr.2019.14.2.CM1
22. Arena, R., Myers, J., Forman, D. E., Lavie, C. J., & Guazzi, M. (2013).
Should high-intensity-aerobic interval training become the clinical standard in heart failure?
23. Guiraud, T., Nigam, A., Gremeaux, V., Meyer, P., Juneau, M., & Bosquet, L. (2012).
“High-Intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation”.
24. Kemi, O. J., & Wisloff, U. (2010).
High-intensity aerobic exercise training improves the heart in health and disease.

25. Wisløff, U., Ellingsen, Ø., & Kemi, O. J. (2009).
High-intensity interval training to maximize cardiac benefits of exercise training?
26. Book, *The Science Of Running*
A Brief History of Interval Training: The 1800's to Now. 2016
27. Tschakert, G., & Hofmann, P. (2013)
High-Intensity Intermittent Exercise: Methodological and Physiological Aspects.
28. Billat, V. (2001)
Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: Aerobic interval training.
29. Ferenc Torma, Zoltan Gombos, Matyas Jokai, Masaki Takeda, Tatsuya Mimura, Zsolt Radak,
High intensity interval training and molecular adaptive response of skeletal muscle.
Sports Medicine and Health Science, Volume 1, Issue 1, 2019, Pages 24-32
30. Fleming, Abby R et al.
Psychological Responses to High-Intensity Interval Training: A Comparison of Graded Walking and Ungraded Running at Equivalent Metabolic Loads
Journal of sport & exercise psychology, 1-12. 31 Jan. 2020
31. Katharina Meyer, PhD, Lothar Gijrnanndt, MD, Matthias Schwaibold, Samuel Westbrook, MMS~, Ramiz Hajric, MD, Klaus Peters, MD, Ralph Beneke, MD, Klaus Schnellbacher, MD, and Helmut Roskamm, MD
Predictors of Response to Exercise Training in Severe Chronic Congestive Heart Failure.
The American Journal of Cardiology. (Am J Cardiol 1997;80:56-60)
32. K. Meyer, Ph.D., M. Lehmann, M.D.,* G. Sunder.t J. Keul. M.D.. H. Weidemann. M.D.
Interval Versus Continuous Exercise Training After Coronary Bypass Surgery : A Comparison of Training-Induced Acute Reactions with Respect to the Effectiveness of the Exercise Methods.
Clinical Cardiology, 13, 851-861, 1990

33. Dimopoulos S, Anastasiou-Nana M, Sakellariou D, Drakos S, Kapsimalakou S, Maroulidis G, Ruditis P, Papazachou O, Vogiatzis I, Roussos C, Nanas S.
Effects of exercise rehabilitation program on heart rate recovery in patients with chronic heart failure.
Eur J Cardiovasc Prev Rehabil. 2006 Feb;13(1):67-73.
doi: 10.1097/01.hjr.0000198449.20775.7c. PMID: 16449866.
34. Ruditis P, Dimopoulos S, Sakellariou D, Sarafoglou S, Kaldara E, Venetsanakos J, Vogiatzis J, Anastasiou-Nana M, Roussos C, Nanas S.
The effects of exercise training on the kinetics of oxygen uptake in patients with chronic heart failure. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil. 2007 Apr;14(2):304-11
doi: 10.1097/hjr.0b013e32808621a3. PMID: 17446812.
35. Smart NA, Steele M.
A comparison of 16 weeks of continuous vs intermittent exercise training in chronic heart failure patients. 2012, 18:205–11
Well designed randomized training study using a moderate intensity in both interval and continuous protocols. Comprehensive outcomes including parameters assessing potential changes in cardiac structure and function and in endothelial function.
36. Freyssin C, Verkindt C, Prieur F, et al.
Cardiac rehabilitation in chronic heart failure: effect of an 8-week, high-intensity interval training versus continuous training. Arch Phys Med Rehabil. 2012;93:1359–64.
37. Iellamo F, Manzi V, Caminiti G, et al. Matched dose interval and continuous exercise training induce similar cardiorespiratory and metabolic adaptations in patients with heart failure. Int J Cardiol. 2012, In press.
38. Wisloff U, Stoylen A, Loennechen JP, et al.
Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study.
Circulation. 2007;115:3086–94.
39. Rognum Ø, Hetland E, Helgerud J, Hoff J, Slørdahl SA.
High intensity aerobic interval exercise is superior to moderate intensity exercise for

increasing aerobic capacity in patients with coronary artery disease. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2004 Jun;11(3):216-22. doi: 10.1097/01.hjr.0000131677.96762.0c. PMID: 15179103.

40. Warburton DE, McKenzie DC, Haykowsky MJ, Taylor A, Shoemaker P, Ignaszewski AP, Chan SY.

Effectiveness of high-intensity interval training for the rehabilitation of patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol.* 2005 May 1;95(9):1080-4.

doi: 10.1016/j.amjcard.2004.12.063. PMID: 15842976.

41. Rocco EA, Prado DM, Silva AG, Lazzari JM, Bortz PC, Rocco DF, Rosa CG, Furlan V. Effect of continuous and interval exercise training on the PETCO₂ response during a graded exercise test in patients with coronary artery disease.

Clinics (Sao Paulo). 2012;67(6):623-8. doi: 10.6061/clinics/2012(06)13. PMID: 22760902; PMCID: PMC3370315.

42. Currie KD, Dubberley JB, McKelvie RS, MacDonald MJ.

Low-volume, high-intensity interval training in patients with CAD.

Med Sci Sports Exerc. 2013 Aug;45(8):1436-42. doi: 10.1249/MSS.0b013e31828bbbd4. PMID: 23470301.

43. Angadi SS, Mookadam F, Lee CD, Tucker WJ, Haykowsky MJ, Gaesser GA. High-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous exercise training in heart failure with preserved ejection fraction: a pilot study. *J Appl Physiol (1985).* 2015 Sep 15;119(6):753-8 doi: 10.1152/jappphysiol.00518.2014. Epub 2014 Sep 4. PMID: 25190739.

44. Keteyian SJ, Hibner BA, Bronsteen K, Kerrigan D, Aldred HA, Reasons LM, Saval MA, Brawner CA, Schairer JR, Thompson TM, Hill J, McCulloch D, Ehrman JK. Greater improvement in cardiorespiratory fitness using higher-intensity interval training in the standard cardiac rehabilitation setting. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* 2014 Mar-Apr;34(2):98-105 doi: 10.1097/HCR.000000000000049. PMID: 24531203.

45. Cardozo GG, Oliveira RB, Farinatti PT.

Effects of high intensity interval versus moderate continuous training on markers of ventilatory and cardiac efficiency in coronary heart disease patients. *ScientificWorldJournal.* 2015;2015:192479. doi: 10.1155/2015/192479. Epub 2015 Feb 9. PMID: 25741531; PMCID: PMC4337271.

46. Ribeiro PAB, Boidin M, Juneau M, Nigam A, Gayda M.
High-intensity interval training in patients with coronary heart disease: Prescription models and perspectives. *Ann Phys Rehabil Med.* 2017 Jan;60(1):50-57. doi: 10.1016/j.rehab.2016.04.004. Epub 2016 Jun 23. PMID: 27346629.
47. Koufaki P, Mercer TH, George KP, Nolan J.
Low-volume high-intensity interval training vs continuous aerobic cycling in patients with chronic heart failure: a pragmatic randomised clinical trial of feasibility and effectiveness. *J Rehabil Med.* 2014 Apr;46(4):348-56. doi: 10.2340/16501977-1278. PMID: 24448650.
48. Benda NM, Seeger JP, Stevens GG, Hijmans-Kersten BT, van Dijk AP, Bellersen L, Lamfers EJ, Hopman MT, Thijssen DH.
Effects of High-Intensity Interval Training versus Continuous Training on Physical Fitness, Cardiovascular Function and Quality of Life in Heart Failure Patients. *PLoS One.* 2015 Oct 30;10(10):e0141256. doi: 10.1371/journal.pone.0141256. PMID: 26517867; PMCID: PMC4627811.
49. Prado DM, Rocco EA, Silva AG, Rocco DF, Pacheco MT, Silva PF, Furlan V.
Effects of continuous vs interval exercise training on oxygen uptake efficiency slope in patients with coronary artery disease.
Braz J Med Biol Res. 2016 Feb;49(2):e4890. doi: 10.1590/1414-431X20154890. Epub 2016 Feb 5. PMID: 26871969; PMCID: PMC4742972.
50. Anderson Zampier Ulbrich, Vitor Giatte Angarten, Almir Schmitt Netto, Sabrina Weiss Sties, Daiana Cristine Bündchen, Lourenço Sampaio de Mara, Véronique A. Cornelissen, Tales de Carvalho
Comparative effects of high intensity interval training versus moderate intensity continuous training on quality of life in patients with heart failure: Study protocol for a randomized controlled trial.
Clinical Trials and Regulatory Science in Cardiology, Volume 13, 2016, Pages 21-28
51. Conraads VM, Pattyn N, De Maeyer C, Beckers PJ, Coeckelberghs E, Cornelissen VA, Denollet J, Frederix G, Goetschalckx K, Hoymans VY, Possemiers N, Schepers D, Shivalkar B, Voigt JU, Van Craenenbroeck EM, Vanhees L.
Aerobic interval training and continuous training equally improve aerobic exercise capacity in patients with coronary artery disease: the SAINTEX-CAD study.

Int J Cardiol. 2015 Jan 20;179:203-10. doi: 10.1016/j.ijcard.2014.10.155. Epub 2014 Oct 25. PMID: 25464446.

52. Xie B, Yan X, Cai X, Li J.

Effects of High-Intensity Interval Training on Aerobic Capacity in Cardiac Patients: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Biomed Res Int.* 2017;2017:5420840. doi: 10.1155/2017/5420840. Epub 2017 Mar 12. PMID: 28386556; PMCID: PMC5366197.

53. Hannan AL, Hing W, Simas V, Climstein M, Coombes JS, Jayasinghe R, Byrnes J, Furness J. High-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training within cardiac rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Open Access J Sports Med.* 2018 Jan 26;9:1-17. doi: 10.2147/OAJSM.S150596. PMID: 29416382; PMCID: PMC5790162.

54. Øyvind Ellingsen, MD, PhD* Martin Halle, MD* Viviane Conraads, MD, PhD† Asbjørn Støylen, MD, PhD Håvard Dalen, MD, PhD Charles Delagardelle, MD Alf-Inge Larsen, MD, PhD Torstein Hole, MD, PhD Alessandro Mezzani, MD, PhD Emeline M. Van Craenenbroeck, MD, PhD Vibeke Videm, MD, PhD Paul Beckers, PhD Jeffrey W. Christle, PhD Ephraim Winzer, MD, PhD Norman Mangner, MD Felix Woitek, MD Robert Höllriegel, MD Axel Pressler, MD Tea Monk-Hansen, MD, PhD Martin Snoer, MD, PhD Patrick Feiereisen, PhD Torstein Valborgland, MD John Kjekshus, MD, PhD Rainer Hambrecht, MD Stephan Gielen, MD Trine Karlsen, PhD Eva Prescott, MD, DMSc* Axel Linke, MD* For the SMARTEx Heart Failure Study (Study of Myocardial Recovery After Exercise Training in Heart Failure) Group

High-Intensity Interval Training in Patients With Heart Failure With Reduced Ejection Fraction.

Circulation 2017 Feb 28, 135(9): 839-849

55. Gomes-Neto M, Durães AR, Reis HFCD, Neves VR, Martinez BP, Carvalho VO. High-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on exercise capacity and quality of life in patients with coronary artery disease: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Prev Cardiol.* 2017 Nov;24(16):1696-1707. doi: 10.1177/2047487317728370. Epub 2017 Aug 21. PMID: 28825321.

56. Gomes Neto M, Durães AR, Conceição LSR, Saquetto MB, Ellingsen Ø, Carvalho VO. High intensity interval training versus moderate intensity continuous training on exercise capacity and quality of life in patients with heart failure with reduced ejection fraction: A

systematic review and meta-analysis.

Int J Cardiol. 2018 Jun 15;261:134-141. doi: 10.1016/j.ijcard.2018.02.076. Epub 2018 Mar 5.

PMID: 29572084.

57. Mansueto Gomes-Neto, André R Durães, Helena F Correia dos Reis, Victor R Neves, Bruno P Martinez, Vitor O Carvalho, High-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on exercise capacity and quality of life in patients with coronary artery disease: A systematic review and meta-analysis, *European Journal of Preventive Cardiology*, Volume 24, Issue 16, 1 November 2017, Pages 1696–1707, <https://doi.org/10.1177/2047487317728370>
58. Pattyn N, Beulque R, Cornelissen V.
Aerobic Interval vs. Continuous Training in Patients with Coronary Artery Disease or Heart Failure: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis with a Focus on Secondary Outcomes.
Sports Med. 2018 May;48(5):1189-1205. doi: 10.1007/s40279-018-0885-5. PMID: 29502328.
59. Meyer K, Samek L, Schwaibold M, Westbrook S, Hajric R, Lehmann M, Essfeld D, Roskamm H. Physical responses to different modes of interval exercise in patients with chronic heart failureapplication to exercise training.
Eur Heart J. 1996 Jul;17(7):1040-7.
60. Meyer, P., Normandin, E., Gayda, M., Billon, G., Guiraud, T., Bosquet, L., Fortier, A., Juneau, M., White, M., & Nigam, A. (2012).
High-intensity interval exercise in chronic heart failure: Protocol optimization.