



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΤΟΜΕΑΣ ΑΘΛΗΤΙΑΤΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΙΑΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ ΥΨΗΛΗΣ  
ΕΝΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ ΜΕΤΡΙΑΣ  
ΕΝΤΑΣΗΣ ΣΕ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΜΕ ΚΑΡΔΙΑΚΕΣ ΠΑΘΗΣΕΙΣ»**

**Χαράλαμπος Δαρδαμάνης-Αϊδωνάς**

**Επιβλέπων Καθηγητής: Νικόλαος Γελαδάς**

**ΙΟΥΝΙΟΣ 2021**

© Copyright  
Χαράλαμπος Δαρδαμάνης-Αϊδωνάς  
Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού  
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών  
Εθνικής Αντιστάσεως 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα

## ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΙΑΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ ΥΨΗΛΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΧΟΜΕΝΗΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ ΜΕΤΡΙΑΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΣΕ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΜΕ ΚΑΡΔΙΑΚΕΣ ΠΑΘΗΣΕΙΣ

### Περίληψη

Η αερόβια άσκηση αποτελεί θεμέλιο λίθο της αποκατάστασης ασθενών με καρδιακές παθήσεις, όπως η στεφανιαία νόσος και η καρδιακή ανεπάρκεια. Ωστόσο αποτελεί επίμαχο ζήτημα ποιος τύπος αερόβιας άσκησης προκαλεί τα βέλτιστα οφέλη στη συγκεκριμένη ομάδα ασθενών. Σκοπός της έρευνας ήταν η σύγκριση της διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης (HIIT) με αυτή της συνεχόμενης προπόνησης μέτριας έντασης σε ασθενείς με καρδιακές παθήσεις. Έγινε ανασκόπηση 39 τυχαιοποιημένων ελεγχόμενων μελετών και 16 μετα-αναλύσεων, της περιόδου 2000-2020, οι οποίες αντλήθηκαν από την ηλεκτρονική βάση δεδομένων Pub Med. Η HIIT φάνηκε να υπερέχει της συνεχούς προπόνησης μέτριας έντασης, κυρίως ως προς τη βελτίωση του σημαντικότερου παράγοντα επιβίωσης, της  $VO_{2peak}$ . Η μεγαλύτερη αυτή βελτίωση, η οποία ήταν συνήθως κατά προσέγγιση περίπου  $1,5 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , αποτελεί σπουδαίο πλεονέκτημα της HIIT, αφού κάθε αύξηση  $1 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  στην  $VO_{2peak}$  σχετίζεται με μια περίπου 15% μείωση του κινδύνου θανάτου, και επομένως ο κίνδυνος θανάτου σε ασθενείς με καρδιακές παθήσεις μειώνεται περίπου 22,5 % περισσότερο με την HIIT. Επιπλέον, η HIIT φάνηκε να προκαλεί σημαντικότερα ή παρόμοια οφέλη και σε δευτερεύουσες καρδιοαναπνευστικές παραμέτρους, σε παράγοντες καρδιαγγειακού κινδύνου, στην ενδοθηλιακή λειτουργία και σε σειρά βιοδεικτών. Παλαιότεροι ενδοιασμοί και ισχυρισμοί σχετικά με την επικινδυνότητα της HIIT σε ασθενείς με καρδιακές παθήσεις δεν επιβεβαιώθηκαν, αφού τόσο οι οξείες αποκρίσεις όσο και η μακροπρόθεσμη συμμετοχή σε προγράμματα HIIT, έδειξε ότι είναι ασφαλής, σε παρόμοιο βαθμό με την συνεχή προπόνηση, ενώ είναι και πιο ευχάριστη και ανεκτή. Η HIIT μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο στην καρδιακή αποκατάσταση, συμπληρώνοντας ή και αντικαθιστώντας τη συνεχή προπόνηση μέτριας έντασης, πάντα υπό την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχει κάποια απόλυτη αντένδειξη.

Λέξεις κλειδιά: διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης, συνεχής προπόνηση μέτριας έντασης, HIIT, καρδιακές παθήσεις

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη .....	iii
Πίνακας Περιεχομένων .....	iv
Κατάλογος Πινάκων .....	v
Κατάλογος Συμβόλων και Συντομογραφιών .....	vi

### **I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....** σελ. 1

### **II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ .....** σελ. 5

2.1. Σύγκριση διαλειμματικής προπόνηση υψηλής έντασης και συνεχούς προπόνησης μέτριας έντασης σε ασθενείς με στεφανιαία νόσο .....	σελ. 5
2.1.1 Χρόνιες προσαρμογές σε ασθενείς με στεφανιαία νόσο .....	σελ. 5
2.1.2 Οξείες αποκρίσεις σε ασθενείς με στεφανιαία νόσο .....	σελ. 22
2.2. Σύγκριση διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης και συνεχούς προπόνησης μέτριας έντασης σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια .....	σελ. 24
2.2.1 Χρόνιες προσαρμογές σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια .	σελ. 24
2.2.2 Οξείες αποκρίσεις σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια .....	σελ. 32
2.3. Σύγκριση διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης και συνεχούς προπόνησης μέτριας έντασης σε ασθενείς με μεταμόσχευση καρδιάς.....	σελ. 33
2.4. Σύγκριση διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης και συνεχούς προπόνησης μέτριας έντασης συνολικά στις καρδιακές παθήσεις .....	σελ. 35

### **III. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....** σελ. 40

### **IV. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....** σελ. 44

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>Πίνακας 2.1.</b> Χαρακτηριστικά και αποτελέσματα τυχαιοποιημένων ελεγχόμενων μελετών.....	σελ. 6
<b>Πίνακας 2.2.</b> Χαρακτηριστικά και αποτελέσματα μετα-αναλύσεων .....	σελ. 21
<b>Πίνακας 2.3.</b> Απόλυτες αντενδείξεις για ΗΠΤ σε ασθενείς με στεφανιαία νόσο και για ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια .....	σελ. 39

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

<b>BNP</b>	(brain natriuretic peptide) Εγκεφαλικό νατριουρητικό πεπτίδιο
<b>bpm</b>	(beats per minute) Παλμοί ανά λεπτό
<b>FMD</b>	(flow-mediated dilation) αγγειο-διασταλτικότητα της βραχιόνιας αρτηρίας μέσω απόφραξης/αποκατάστασης της αιματικής ροής
<b>HDL</b>	(high-density lipoprotein) Υψηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνη
<b>HIIT</b>	(high intensity interval training) Διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης
<b>HOMA-IR</b>	(Homeostasis Model Assessment – Insulin Resistance index) Ομοιοστατικό μοντέλο αξιολόγησης ινσουλινοαντίστασης
<b>HR</b>	(heart rate) Καρδιακή συχνότητα
<b>HR<sub>max</sub></b>	(maximal heart rate) Μέγιστη καρδιακή συχνότητα
<b>HR<sub>peak</sub></b>	(peak heart rate) Κορυφαία τιμή καρδιακής συχνότητας
<b>HRR</b>	(heart rate reserve) Καρδιακή συχνότητα εφεδρείας
<b>HR<sub>recovery</sub></b>	(heart rate recovery) Καρδιακή συχνότητα αποκατάστασης
<b>HRV</b>	(heart rate variability) Μεταβλητότητα καρδιακής συχνότητας
<b>LDL</b>	(low-density lipoprotein) Χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνη
<b>OUES</b>	(oxygen uptake efficiency slope) Κλίση αποτελεσματικότητας πρόσληψης οξυγόνου

<b>PPO</b>	(peak power output) Μέγιστη παραγόμενη ισχύς
<b>SF-36</b>	(Short Form-36 Health Survey questionnaire) Επισκόπηση Υγείας SF-36
<b>VCO<sub>2</sub></b>	(carbon dioxide production) Κατά λεπτό όγκος παραγόμενου διοξειδίου του άνθρακα
<b>VE</b>	(ventilation) Πνευμονικός αερισμός
<b>VO<sub>2</sub></b>	(oxygen uptake) Πρόσληψη οξυγόνου
<b>VO<sub>2peak</sub></b>	(peak oxygen uptake) Κορυφαία τιμή πρόσληψης οξυγόνου

## I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι καρδιακές παθήσεις αποτελούν την πρωταρχική αιτία θανάτου και είναι υπεύθυνες για 17,9 εκατομμύρια θανάτους παγκοσμίως, αντιπροσωπεύοντας το 31,4% των θανάτων για το έτος 2016 (World Health Organization [WHO], 2018). Παρατηρείται μάλιστα επιπολασμός της συγκεκριμένης ομάδας παθήσεων, με το αντίστοιχο ποσοστό το 2000 να κυμαίνεται στο 27,3%, ενώ προβλέπεται ότι το 2030 θα ευθύνονται για 26 εκατομμύρια θανάτους ετησίως (Mendis et al., 2011). Οι καρδιακές παθήσεις είναι ομάδα διαταραχών της καρδιάς και των αιμοφόρων αγγείων οι οποίες περιλαμβάνουν κυρίως τη στεφανιαία νόσο και την καρδιακή ανεπάρκεια.

Ο καθιστικός τρόπος ζωής και η ανεπαρκής φυσική δραστηριότητα και άσκηση φαίνεται να είναι υπεύθυνοι για τον επιπολασμό των καρδιακών παθήσεων και την αυξημένη θνησιμότητα (Mendis et al., 2011). Συγκεκριμένα, τα χαμηλά επίπεδα καρδιαγγειακής ευρωστίας, όπως αυτή αποτυπώνεται μέσω της κορυφαίας τιμής πρόσληψης οξυγόνου ( $VO_{2peak}$ ), σχετίζονται με αυξημένο κίνδυνο καρδιαγγειακής και συνολικής θνησιμότητας τόσο σε υγιείς όσο και σε καρδιαγγειακούς ασθενείς (Kodama et al., 2009). Η  $VO_{2peak}$  αποτελεί ανεξάρτητο, ισχυρό προβλεπτικό δείκτη θνησιμότητας, με κάθε αύξηση  $1 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  στην  $VO_{2peak}$  να σχετίζεται με μια περίπου 15% μείωση του κινδύνου θανάτου (Keteyian et al., 2008). Η αερόβια άσκηση είναι γνωστό ότι προκαλεί, εκτός από βελτίωση της  $VO_{2peak}$  και της καρδιαγγειακής ευρωστίας γενικότερα, βελτίωση της ενδοθηλιακής λειτουργίας, μείωση των παραδοσιακών παραγόντων καρδιαγγειακού κινδύνου, όπως η υπέρταση αλλά και γενική βελτίωση της ποιότητας ζωής. Για τους λόγους αυτούς, η αερόβια άσκηση, είναι απολύτως απαραίτητη για την πρόληψη αλλά και την αντιμετώπιση αυτών των παθήσεων και αποτελεί θεμελιώδη λίθο της αποκατάστασης των ασθενών με καρδιακές παθήσεις (Hussain et al., 2016; Pattyn et al., 2018; Vanhees et al., 2012; Xie et al., 2017). Ωστόσο επίμαχο ζήτημα αποτελεί ποιος τύπος αερόβιας άσκησης προκαλεί τα βέλτιστα οφέλη στους ασθενείς με καρδιαγγειακές παθήσεις.



Στις παραδοσιακές μεθόδους αερόβιας προπόνησης περιλαμβάνεται η συνεχής προπόνηση μέτριας έντασης, διάρκειας 30-60 min στο 40%-80% της κορυφαίας τιμής πρόσληψης οξυγόνου ( $VO_{2peak}$ ), η οποία αποτελεί και την παραδοσιακά προτιμώμενη και συνιστώμενη συνταγογραφούμενη μέθοδο για ασθενείς με καρδιαγγειακές παθήσεις (Fletcher et al., 2013; Mezzani et al., 2012; Vanhees et al., 2012). Ωστόσο, πιο πρόσφατα, η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης (HIIT) έχει εγείρει σημαντικό ενδιαφέρον στο κλινικό πεδίο ως μία πιθανή εναλλακτική για την βελτίωση της υγείας των ασθενών με καρδιακές παθήσεις. Γενικά, ως διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης ορίζεται η μέθοδος που περιλαμβάνει σχετικά σύντομα διαστήματα έντονης άσκησης, ανάμεσα στα οποία παρεμβάλλονται περίοδοι παθητικής ή ενεργητικής αποκατάστασης (Gibala et al., 2012). Αν και δεν υπάρχει απόλυτη συμφωνία σχετικά με το τι αποτελεί υψηλή ένταση, γενικά θεωρείται αυτή που προκαλεί τουλάχιστον 85%-95% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας ( $HR_{max}$ ) ή 85%-90% της  $VO_{2peak}$  (Gibala & McGee, 2008; MacInnis & Gibala, 2017; Wisløff et al., 2009).

Η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης δεν αποτελεί σύγχρονη ανακάλυψη, καθώς χρησιμοποιείται στον αθλητικό χώρο για περίπου έναν αιώνα και ιδιαίτερα από κορυφαίους αθλητές, κυρίως δρομείς μεσαίων και μεγάλων αποστάσεων (Billat, 2001). Ταυτόχρονα, στο επιστημονικό πεδίο έγιναν πρωτοποριακά πειράματα από τον Hill, ήδη από την δεκαετία του 1920, που περιλάμβαναν διαλειμματικές ασκήσεις, και τα οποία ακολούθησαν αρκετές εργασίες του Astrand και των συνεργατών του σχετικά με τις οξείες φυσιολογικές προσαρμογές της διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης, που έθεσαν την επιστημονική βάση για τις επόμενες έρευνες (Hill et al., 1924; Astrand et al., 1960). Με βάση τις μελέτες που ακολούθησαν, φάνηκε ότι η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης προκαλεί σημαντικότερες προσαρμογές σε σχέση με τη συνεχόμενη προπόνηση μέτριας ή χαμηλής έντασης, στην καρδιοαναπνευστική ικανότητα αθλητών και υγιών ατόμων, καθώς βελτιώνεται περισσότερο η  $VO_{2max}$  ή  $VO_{2peak}$ . Η μεγαλύτερη αυτή βελτίωση στην μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου οφείλεται σε καλύτερες τόσο κεντρικές όσο και περιφερικές προσαρμογές. Συγκεκριμένα, παρατηρείται μεγαλύτερη βελτίωση του όγκου παλμού (άρα και της

καρδιακής παροχής), πιθανότατα λόγω μεγαλύτερης αύξησης των διαστάσεων της αριστερής κοιλίας, ενώ όσον αφορά στις περιφερικές προσαρμογές αυξάνεται περισσότερο η δραστικότητα και συγκέντρωση των οξειδωτικών ενζύμων και των μιτοχονδρίων (Helgerud et al., 2007; MacInnis & Gibala, 2017).

Εκτός από τη φυσιολογική υπεροχή της έναντι της συνεχούς, η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης είναι αποδοτικότερη όσον αφορά στο χρόνο, καθώς είναι πιο σύντομη και άρα εξοικονομεί χρόνο στον ασκούμενο, ενώ επίσης φαίνεται να είναι και πιο ευχάριστη, παρά την υψηλότερη ένταση και αντιλαμβανόμενη κόπωση, οδηγώντας σε υψηλότερη προσκόλληση στην άσκηση (Bartlett et al., 2011). Η μεγαλύτερη ανοχή στη διαλειμματική προπόνηση υποστηρίζεται και από μελέτη σε αθλούμενους, στην οποία φάνηκε ότι κατά τη διάρκεια συνεχούς προπόνησης ίδιας έντασης με τη διαλειμματική, αυξήθηκε περισσότερο η καρδιακή συχνότητα και ο πνευμονικός αερισμός, καθώς και η νευρομυϊκή ενεργοποίηση των αναπνευστικών μυών, όπως αυτή αποτυπώθηκε στην μέτρηση της πίεσης σύγκλισης των αεροφόρων οδών ( $P_{0.1}$ ) (Thomakos et al., 2020).

Στο κλινικό πεδίο ωστόσο, και συγκεκριμένα σε ασθενείς με καρδιακές παθήσεις, η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης ξεκίνησε να χρησιμοποιείται πιο πρόσφατα και το ίδιο συνέβη και στο ερευνητικό πεδίο, ιδιαίτερα όσον αφορά στη σύγκριση μεταξύ διαλειμματικής και συνεχούς προπόνησης σε ασθενείς με καρδιαγγειακές παθήσεις. Μολονότι κάποιες έρευνες εξέτασαν τη διαλειμματική προπόνηση ήδη από το 1972, τα πρωτόκολλα διαλειμματικής άσκησης που εφαρμόστηκαν δεν περιλαμβάναν υψηλή ένταση αλλά μέτρια και συνήθως ίδια ένταση με την, υπό σύγκριση, συνεχή προπόνηση (Smodlaka, 1972). Σταθμοί στην εισαγωγή και μελέτη της διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης στην καρδιακή αποκατάσταση και τη σύγκριση της με τη συνεχή προπόνηση μέτριας έντασης, αποτέλεσαν οι μελέτες επιστημονικής ομάδας στη Νορβηγία, πρώτα σε ασθενείς με στεφανιαία νόσο και αργότερα σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια (Rognmo et al., 2004; Wisløff et al., 2007).

Από τότε, η έρευνα σε σχέση με την πιθανή υπεροχή της διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης έναντι της συνεχόμενης όσον αφορά στη  $VO_{2peak}$  αλλά και σε δευτερεύουσες καρδιοαναπνευστικές και άλλες παραμέτρους, όπως η

ενδοθηλιακή λειτουργία και οι παράγοντες καρδιαγγειακού κινδύνου σε ασθενείς με καρδιακές παθήσεις έχει αναπτυχθεί ραγδαία. Ωστόσο, πολλές φορές τα αποτελέσματα των ερευνών είναι αντιφατικά μεταξύ τους.

Σκοπός, επομένως, της παρούσης βιβλιογραφικής ανασκόπησης είναι η σύγκριση της αποτελεσματικότητας της διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης (ΗΠΤ) σε σχέση με την συνεχόμενη προπόνηση μέτριας έντασης σε ασθενείς με καρδιακές παθήσεις, όπως η στεφανιαία νόσος και η καρδιακή ανεπάρκεια, έτσι ώστε να διαπιστωθεί εάν πράγματι υπερέχει η ΗΠΤ και αν ναι υπό ποιες προϋποθέσεις.

## II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

### 2.1. Σύγκριση διαλειμματικής προπόνηση υψηλής έντασης και συνεχούς προπόνησης μέτριας έντασης σε ασθενείς με στεφανιαία νόσο

Η αξία της άσκησης ως μέσου αντιμετώπισης της στεφανιαίας νόσου η οποία αποτελεί την σημαντικότερη αιτία θανάτου παγκοσμίως (Lozano et al., 2012) έχει διαπιστωθεί και τεκμηριωθεί. Η συνεχής άσκηση μέτριας έντασης αποτελεί τη βάση για άσκηση σε ασθενείς με στεφανιαία νόσο (Vanhees et al., 2012). Ωστόσο, η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης φαίνεται να αμφισβητεί την πρωτοκαθεδρία της συνεχούς προπόνησης ως προς το βαθμό ωφελιμότητάς της. Αρκετές έρευνες έχουν συγκρίνει τις επιδράσεις της διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης με αυτές της συνεχούς προπόνησης μέτριας έντασης, τόσο τις χρόνιες προσαρμογές όσο και τις οξείες αποκρίσεις, στις οποίες η ΗΠΤ φαίνεται να υπερέχει της συνεχούς προπόνησης (Πίνακας 2.1.)

#### 2.1.1 Χρόνιες προσαρμογές σε ασθενείς με στεφανιαία νόσο

Σε μία έρευνα των Roggmo και συνεργατών (2004), 21 ασθενείς με σταθεροποιημένη στεφανιαία νόσο κατανεμήθηκαν τυχαία σε επιτηρούμενη βάρδιση σε δαπεδοεργόμετρο είτε σε υψηλή ένταση (80–90%  $VO_{2peak}$ ) ή μέτρια (50–60%  $VO_{2peak}$ ), 3 φορές την εβδομάδα για 10 εβδομάδες. Η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης περιλάμβανε προθέρμανση για 5 λεπτά στο 50–60% της  $VO_{2peak}$  (65–75% της  $HR_{peak}$ ) και στη συνέχεια 4 × 4 λεπτά βάρδισης στο 80–90% της  $VO_{2peak}$  (85–95% της  $HR_{peak}$ ) ανάμεσα στα οποία παρεμβάλλονταν ενεργητικά διαλείμματα βάρδισης για 3 λεπτά στο 50–60% της  $VO_{2peak}$ . Η προπονητική συνεδρία ολοκληρωνόταν με αποθεραπεία 3 λεπτών στο 50–60% της  $VO_{2peak}$ . Η συνολική διάρκεια ήταν 33 λεπτά. Η μέτριας έντασης προπόνηση αποτελούνταν από 41 λεπτά συνεχούς άσκησης έτσι ώστε το απόλυτο προπονητικό φορτίο να ήταν το ίδιο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μετά την προπόνηση η  $VO_{2peak}$  αυξήθηκε κατά 17.9% στην ομάδα διαλειμματικής προπόνησης υψηλής

**Πίνακας 2.1.** Χαρακτηριστικά και αποτελέσματα τυχαιοποιημένων ελεγχόμενων μελετών

Μελέτη	Αριθμός Ασθενών	Ηλικία (Μ.Ο. ετών ± SD)	Διάρκεια και συχνότητα παρέμβασης	Τύπος εργομέτρου	Ισο-θερμικά	Πρωτόκολλο ΗΠΤ	Πρωτόκολλο συνεχούς άσκησης μέτριας έντασης	Αποτελέσματα της ΗΠΤ σε σύγκριση με τη Συνεχή
<b>Ασθενείς με Στεφανιαία νόσο</b>								
Boidin et al., 2019	18 ΗΠΤ 19 Συνεχής	63 ± 10 60 ± 10	12 εβδομάδες 3 φορές/εβδομάδα	Κυκλοεργόμετρο	ΝΑΙ	3 × 10 λεπτά (15 s 100% PPO – 15 s παθητικό διάλειμμα) με 4 λεπτά παθητικό διάλειμμα. Συνολική διάρκεια 48 λεπτά	38 λεπτά στο 60% PPO. Συνολική διάρκεια 48 λεπτά	Η ΗΠΤ σε αντίθεση με τη συνεχή βελτίωσε την HR <sub>recovery</sub> στα 5 λεπτά
Cardozo et al., 2015	23 ΗΠΤ 24 Συνεχής	56 ± 12 62 ± 12	16 εβδομάδες 3 φορές/εβδομάδα	Δαπεδοεργόμετρο	ΟΧΙ	30 λεπτά: 2 λεπτά 90% HR <sub>peak</sub> με 2 λεπτά διάλειμμα 60% HR <sub>peak</sub> . Συνολικά 40 λεπτά	30 λεπτά στο 70-75% HR <sub>peak</sub> . Συνολικά 40 λεπτά	Η ΗΠΤ σε αντίθεση με τη συνεχή βελτίωσε τη VO <sub>2peak</sub> (18%), την υψηλότερη τιμή και την καμπύλη του O <sub>2</sub> παλμού
Conraads et al., 2015  Pattyn et al., 2016,2017  Van De Heyning et al., 2018	85 ΗΠΤ 89 Συνεχής	57 ± 8,8 59,9 ± 9,2	12 εβδομάδες 3 φορές/εβδομάδα	Κυκλοεργόμετρο	ΟΧΙ	4 × 4 λεπτά 90-95% HR <sub>peak</sub> με 3 λεπτά διάλειμμα 50-70% HR <sub>peak</sub> . Συνολικά 38 λεπτά	37 λεπτά 70-75% HR <sub>peak</sub> . Συνολικά 47 λεπτά	Παρόμοιες βελτιώσεις στην VO <sub>2peak</sub> , VT <sub>1</sub> και VT <sub>2</sub> , ενδοθηλιακή λειτουργία (FMD), ποιότητα ζωής, παράγοντες καρδιαγγειακού κινδύνου και γεωμετρία και λειτουργία αριστερής κοιλίας
Currie et al., 2013	11 ΗΠΤ 89 Συνεχής	62 ± 11 68 ± 8	12 εβδομάδες 2 φορές/εβδομάδα	Κυκλοεργόμετρο	ΟΧΙ	10 × 1 λεπτό 89-110% PPO με 1 λεπτό διάλειμμα 10% PPO. Συνολικά 35 λεπτά	30-50 λεπτά 51-65% PPO. Συνολικά 65 λεπτά	Παρόμοιες βελτιώσεις στην ενδοθηλιακή λειτουργία (FMD)
Dun et al., 2019	42 ΗΠΤ 14 Συνεχής	68 ± 10 69 ± 14	12 εβδομάδες 3 φορές/εβδομάδα	Δαπεδοεργόμετρο Κυκλοεργόμετρο ή καθιστό ελλειπτικό	ΟΧΙ	4-8 × 1-4 λεπτά 15-17 RPE με 1-5 λεπτά διάλειμμα < 14 RPE. Συνολικά 20-45 λεπτά	20-45 λεπτά 12-14 RPE	Η ΗΠΤ σε σύγκριση με τη συνεχή μείωσε περισσότερο παραμέτρους του μεταβολικού συνδρόμου (περιφέρεια μέσης, γλυκόζη νηστείας, τριγλυκερίδια και διαστολική πίεση)
Heber et al., 2020	40 ΗΠΤ + Συνεχής 42 Συνεχής	60 ± 9,4 61,7 ± 9,8	12 εβδομάδες ΗΠΤ + Συνεχής: 2 φορές /εβδομάδα ΗΠΤ + 2 φορές/εβδομάδα Συνεχής	Κυκλοεργόμετρο	ΝΑΙ	15 × 1 λεπτό 100% PPO με 1 λεπτό διάλειμμα 20% PPO. Συνολικά 45 λεπτά	30 λεπτά 60% PPO. Συνολικά 45 λεπτά	Ο συνδυασμός ΗΠΤ με συνεχή σε σύγκριση με τη συνεχή μόνη της, ήταν πιο αποτελεσματικός στην μείωση της

			Συνεχής: 4 φορές/ εβδομάδα					αντιδραστικότητας των αιμοπεταλίων
Jaureguizar et al., 2016	36 ΗΙΠΤ 36 Συνεχής	58 ± 11 58 ± 11	8 εβδομάδες 3 φορές/εβδομάδα	Κυκλοεργόμετρο	ΟΧΙ	15-30 × 20 sec στο 50% της παραγόμενης ισχύος στο steep ramp test με 40 sec διάλειμμα στο 10% της παραγόμενης ισχύος στο steep ramp test. Συνολικά 40 λεπτά	15-30 λεπτά στο VT <sub>1</sub> . Συνολικά 40 λεπτά	Η ΗΙΠΤ αύξησε περισσότερο από τη Συνεχή, την VO <sub>2peak</sub> (κατά 12%), την απόσταση στο 6-minute walk test και την HR <sub>recovery</sub>
Villelaibeitia-Jaureguizar et al., 2017								
Keteyian et al., 2014	15 ΗΙΠΤ 13 Συνεχής	60 ± 7 58 ± 9	10 εβδομάδες 3 φορές/εβδομάδα	Δαπεδοεργόμετρο	ΟΧΙ	4 × 4 λεπτά 80-90% HRR με 3 λεπτά διάλειμμα 60-70% HRR. Συνολικά 35 λεπτά	30 λεπτά 60-80% HRR. Συνολικά 40 λεπτά	Η ΗΙΠΤ αύξησε την VO <sub>2peak</sub> κατά 1,9 mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> και το αναερόβιο κατώφλι κατά 2,3 mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> περισσότερο από τη Συνεχή.
Moholdt et al., 2009	28 ΗΙΠΤ 31 Συνεχής	60,2 ± 6,9 62 ± 7,6	4 εβδομάδες 5 φορές/εβδομάδα	Δαπεδοεργόμετρο	ΝΑΙ	4 × 4 λεπτά 90% HR <sub>peak</sub> με 3 λεπτά διάλειμμα 70% HR <sub>peak</sub> . Συνολικά 38 λεπτά	46 λεπτά στο 70% HR <sub>peak</sub>	5 μήνες μετά η VO <sub>2peak</sub> , HR <sub>recovery</sub> και η ποιότητα ζωής ήταν υψηλότερες στη ΗΙΠΤ
Moholdt et al., 2012	30 ΗΙΠΤ 59 Συνεχής	56,7±10,4 57,7 ± 9,3	12 εβδομάδες 2 φορές/εβδομάδα	Δαπεδοεργόμετρο	ΟΧΙ	4 × 4 λεπτά 85-95% HR <sub>peak</sub> με 3 λεπτά διάλειμμα 70% HR <sub>peak</sub> . Συνολικά 38 λεπτά	35 λεπτά αερόβιες ασκήσεις, όπως περπάτημα, τζόκινγκ, προβολές και καθίσματα. Συνολικά 60 λεπτά	Η ΗΙΠΤ αύξησε την VO <sub>2peak</sub> κατά 2,1 mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> περισσότερο από τη Συνεχή. Μόνο η ΗΙΠΤ αύξησε την HDL.
Rognmo et al., 2004	8 ΗΙΠΤ 9 Συνεχής	62,9±11,2 61,2 ± 7,3	10 εβδομάδες 3 φορές/εβδομάδα	Δαπεδοεργόμετρο	ΝΑΙ	4 × 4 λεπτά 80-90% VO <sub>2peak</sub> με 3 λεπτά διάλειμμα 50-60% VO <sub>2peak</sub> . Συνολικά 35 λεπτά	41 λεπτά στο 50-60% VO <sub>2peak</sub>	Η VO <sub>2peak</sub> αυξήθηκε κατά 17.9% στην ΗΙΠΤ και 7.9% στην Συνεχή. Η ΗΙΠΤ βελτίωσε και τη διαστολική λειτουργία της αριστερής κοιλίας
Amundsen et al., 2008								
Sarvasti et al., 2020	11 ΗΙΠΤ/ Συνεχής	48,5 ± 6,6	2 εβδομάδες 3 φορές/εβδομάδα	Δαπεδοεργόμετρο	ΝΑΙ	4 × 4 λεπτά 60-80% HRR με 3 λεπτά διάλειμμα 40-50% HRR. Συνολικά 33 λεπτά	29 λεπτά στο 50-60% HRR. Συνολικά 37 λεπτά	Η ΗΙΠΤ ήταν αποτελεσματικότερη στην βελτίωση ή διατήρηση των παραγόντων παραγωγής μονοξειδίου του αζώτου (πχ. νορεπινεφρίνη, eNOS) και ως αποτέλεσμα στη διατήρηση της FMD

Taylor et al., 2020	19 ΗΙΠΤ 23 Συνεχής	65 ± 7 63 ± 7	4 εβδομάδες υπό επίβλεψη + 11 μήνες κατ' οίκον 3 φορές/εβδομάδα	Δαπεδοεργόμετρο Κυκλοεργόμετρο	ΝΑΙ	4 × 4 λεπτά 15-18 RPE (85-95 HR <sub>peak</sub> ) με 3 λεπτά ενεργητικό διάλειμμα. Συνολικά 32 λεπτά	34 λεπτά στο 11-13 RPE (65-75% HR <sub>peak</sub> ). Συνολικά 40 λεπτά	Η ΗΙΠΤ είχε την τάση να μειώσει περισσότερο το ηπατικό λίπος από τη συνεχή	
Tschentscher et al., 2016	20 ΗΙΠΤ 20 Συνεχής	62,1 ± 9,5 63,1 ± 10,9	6 εβδομάδες 3 φορές/εβδομάδα	Κυκλοεργόμετρο	ΝΑΙ	4 × 4 λεπτά 85-95% HR <sub>peak</sub> με 3 λεπτά διάλειμμα 60-70% HR <sub>peak</sub> . Συνολικά 35 λεπτά	33 λεπτά 65-85% HR <sub>peak</sub> . Συνολικά 43 λεπτά	Παρόμοια βελτίωση στην μέγιστη παραγόμενη ισχύ	
Villelaibeitia-Jaureguizar et al., 2019	57 ΗΙΠΤ 53 Συνεχής	57,6 ± 9,8 58,3 ± 9,5	8 εβδομάδες 3 φορές/εβδομάδα	Κυκλοεργόμετρο	ΟΧΙ	15-30 × 20 sec στο 50% της παραγόμενης ισχύος στο steep ramp test με 40 sec διάλειμμα στο 10% της παραγόμενης ισχύος στο steep ramp test. Συνολικά 40 λεπτά	15-30 λεπτά στο VT <sub>1</sub> . Συνολικά 40 λεπτά	Η ΗΙΠΤ αύξησε περισσότερο από τη συνεχή την VO <sub>2peak</sub> , κατά 0,96 mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> , και την ενεργειακή οικονομία στο VT <sub>1</sub> , VT <sub>2</sub> και VO <sub>2peak</sub>	
Warburton et al., 2005	7 ΗΙΠΤ 7 Συνεχής	55 ± 7 57 ± 8	16 εβδομάδες 2 φορές/εβδομάδα + 3 φορές/εβδομάδα κατ' οίκον συνεχής άσκηση μέτριας έντασης	Δαπεδοεργόμετρο Αναρριχητικό Κυκλοεργόμετρο (χεριών και ποδιών)	ΝΑΙ	8 × 2 λεπτά 85-95% HRR με 2 λεπτά διάλειμμα 35-45% HRR. Συνολικά 50 λεπτά	30 λεπτά 65% HRR. Συνολικά 50 λεπτά	Η ΗΙΠΤ βελτίωσε περισσότερο το αναερόβιο κατόφλι και την αναερόβια ανοχή	
Wehmeier et al., 2020	25 ΗΙΠΤ 25 Συνεχής	54,2 ± 6,2 51,9 ± 5,8	3 εβδομάδες 3-4 φορές / εβδομάδα	Κυκλοεργόμετρο	ΟΧΙ;	4 × 4 λεπτά 85-95% HR <sub>peak</sub> με 3 λεπτά διάλειμμα 60-65% HR <sub>peak</sub> . Συνολικά 40 λεπτά	32 λεπτά 75% HR <sub>peak</sub> . Συνολικά 40 λεπτά	Η ΗΙΠΤ αύξησε περισσότερο από τη συνεχή την VO <sub>2peak</sub> , κατά 2,5 mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> , τη μέγιστη παραγόμενη ισχύ και τον παλμό O <sub>2</sub>	
<b>Ασθενείς με Καρδιακή ανεπάρκεια</b>									
Angadi et al., 2015	9 ΗΙΠΤ 6 Συνεχής	69 ± 6,1 71,5 ± 11,7	4 εβδομάδες 3 φορές/εβδομάδα	Δαπεδοεργόμετρο	ΟΧΙ	4 × 4 λεπτά 85-90% HR <sub>peak</sub> με 3 λεπτά διάλειμμα 50% HR <sub>peak</sub> . Συνολικά 40 λεπτά	30 λεπτά 70% HR <sub>peak</sub> . Συνολικά 45 λεπτά	Η ΗΙΠΤ σε αντίθεση με τη συνεχή αύξησε την VO <sub>2peak</sub> κατά 9% και μείωσε τη διαστολική δυσλειτουργία της αριστερής κοιλίας	
Benda et al., 2015	10 ΗΙΠΤ 10 Συνεχής	63 ± 8 64 ± 8	12 εβδομάδες 2 φορές/εβδομάδα	Κυκλοεργόμετρο	ΟΧΙ	10 × 1 λεπτό 90% PPO με 2,5 λεπτά διάλειμμα 30% PPO. Συνολικά 50 λεπτά	30 λεπτά 60-75% PPO. Συνολικά 45 λεπτά	Παρόμοιες βελτιώσεις στην VO <sub>2peak</sub> , PPO, αναερόβιο κατόφλι και μέγιστο παλμό O <sub>2</sub>	
Besnier et al., 2019	16 ΗΙΠΤ 15 Συνεχής	59 ± 13 59,5 ± 12	3,5 εβδομάδες 5 φορές/εβδομάδα	Κυκλοεργόμετρο	ΟΧΙ	2 × 8 λεπτά (30 sec 100% PPO - 30 sec παθητικό διάλειμμα) με 4 λεπτά παθητικό διάλειμμα. Συνολικά 30 λεπτά	30 λεπτά 60% PPO. Συνολικά 40 λεπτά	Η ΗΙΠΤ αύξησε κατά 16% περισσότερο από τη συνεχή την VO <sub>2peak</sub> , και την HRV και το κλάσμα εξώθησης	

Dimopoulos et al., 2006	10 ΗΠΤ 14 Συνεχής	59,2 ± 12 61,5 ± 7,1	12 εβδομάδες 3 φορές/εβδομάδα	Κυκλοεργόμετρο	ΝΑΙ	40 λεπτά: 30 sec 100% PPO και 30 sec παθητικό διάλειμμα	40 λεπτά 50% PPO	Μόνο η συνεχής προπόνηση βελτίωσε σημαντικά την HR <sub>recovery</sub> ένα λεπτό μετά τον τερματισμό της άσκησης και την χρονότροπη απάντηση στην άσκηση, δείκτες της λειτουργίας του αυτόνομου νευρικού συστήματος
Ellingsen et al., 2017	77 ΗΠΤ 65 Συνεχής	65 ± 22 60 ± 14	12 εβδομάδες 3 φορές/εβδομάδα	Δαπεδοεργόμετρο ή Κυκλοεργόμετρο	ΝΑΙ	4 × 4 λεπτά 90-95% HR <sub>peak</sub> με 3 λεπτά διάλειμμα 50-70% HR <sub>peak</sub> . Συνολικά 38 λεπτά	47 λεπτά 60-70% HR <sub>peak</sub>	Παρόμοιες βελτιώσεις στην VO <sub>2peak</sub> και την τελοδιαστολική διάμετρο της αριστερής κοιλίας
Freyssin et al., 2012	12 ΗΠΤ 14 Συνεχής	54 ± 9 55 ± 12	8 εβδομάδες 5 φορές/εβδομάδα	Κυκλοεργόμετρο Δαπεδοεργόμετρο	ΟΧΙ	3 × 12 επαναλήψεις (30 sec 50-80% PPO με 1 λεπτό παθητικό διάλειμμα) με 5 λεπτά παθητικό διάλειμμα. Συνολικά 71 λεπτά	45 λεπτά στο VT <sub>1</sub> . Συνολικά 60 λεπτά	Η ΗΠΤ σε αντίθεση με τη συνεχή, βελτίωσε την VO <sub>2peak</sub> (27%), την διάρκεια της εργοδοκιμασίας, τον μέγιστο παλμό O <sub>2</sub> και την VO <sub>2</sub> στο VT <sub>1</sub>
Fu et al., 2013	14 ΗΠΤ 13 Συνεχής	67,5 ± 7 66,3 ± 8,1	12 εβδομάδες 3 φορές/εβδομάδα	Κυκλοεργόμετρο	ΝΑΙ	5 × 3 λεπτά 80% VO <sub>2peak</sub> με 3 λεπτά διάλειμμα 40% VO <sub>2peak</sub> . Συνολικά 36 λεπτά	30 λεπτά 60% VO <sub>2peak</sub> . Συνολικά 36 λεπτά	Η ΗΠΤ σε αντίθεση με τη συνεχή, βελτίωσε τον ρυθμό παραγωγής έργου, τον πνευμονικό αερισμό, την VO <sub>2peak</sub> , το αναπνευστικό κατώφλι, την ΟUES, τον όγκο παλμού, το κλάσμα εξώθησης της αριστερής κοιλίας, την αιμάτωση και οξυγόνωση του μετωπιαίου λοβού και του έξω πλατέος και την ποιότητα ζωής, ενώ μείωσε την VE/VCO <sub>2</sub> slope, τη συνολική περιφερική αντίσταση, και την οξειδωτική ένταση (stress) και φλεγμονή (BNP, MPO, IL-6)
Iellamo et al., 2013	8 ΗΠΤ 8 Συνεχής	62,2 ± 8 62,6 ± 9	12 εβδομάδες 2-5 φορές/ εβδομάδα	Δαπεδοεργόμετρο	ΝΑΙ	4 × 4 λεπτά 75-80% HRR με 3 λεπτά διάλειμμα 45-50%	30-45 λεπτά 45-60% HRR	Παρόμοιες βελτιώσεις σε καρδιαγγειακές,



Iellamo et al., 2014	18 ΗΙΠΤ 18 Συνεχής	67,2 ± 6 68,4 ± 8	12 εβδομάδες 3 φορές/ εβδομάδα	Δαπεδοεργόμετρο	OXI	HRR. Συνολικά 37 λεπτά 4 × 4 λεπτά 75-80% HRR με 3 λεπτά διάλειμμα 45-50% HRR. Συνολικά 45 λεπτά	30-45 λεπτά 45-60% HRR. Συνολικά 50-65 λεπτά	αναπνευστικές και μεταβολικές παραμέτρους Η ΗΙΠΤ σε σχέση με τη συνεχή μείωσε περισσότερο τον HOMA-IR και επομένως την ινσουλινοαντίσταση και την ημερήσια διαστολική πίεση
Koufaki et al., 2014	16 ΗΙΠΤ 17 Συνεχής	59,8 ± 7,4 59,7 ± 10,8	12 εβδομάδες 3 φορές/ εβδομάδα	Κυκλοεργόμετρο	OXI	2 × 15 λεπτά (30 sec 100% PPO με 1 λεπτό διάλειμμα 20-30% PPO). Συνολικά 30 λεπτά	1-4 μήνες: 3 × 7-10 λεπτά 40-60% VO <sub>2peak</sub> 5-6 μήνες: 40 λεπτά 40-60% VO <sub>2peak</sub>	Παρόμοιες βελτιώσεις στην VO <sub>2peak</sub> , λειτουργική ικανότητα και HRV
Roditis et al., 2007	11 ΗΙΠΤ 10 Συνεχής	63 ± 2 61 ± 3	12 εβδομάδες 3 φορές/ εβδομάδα	Κυκλοεργόμετρο	NAI	40 λεπτά: 30 sec 100% PPO και 30 sec παθητικό διάλειμμα	40 λεπτά 50% PPO	Η συνεχής ήταν αποτελεσματικότερη στη βελτίωση της κινητικής του οξυγόνου (O <sub>2</sub> kinetics)
Wisløff et al., 2007	9 ΗΙΠΤ 9 Συνεχής	76,5 ± 9 74,4 ± 12	12 εβδομάδες 3 φορές/ εβδομάδα (2 υπό επίβλεψη + 1 κατ' οίκον)	Δαπεδοεργόμετρο	NAI	4 × 4 λεπτά 90-95% HR <sub>peak</sub> με 3 λεπτά διάλειμμα 50-70% HR <sub>peak</sub> . Συνολικά 38 λεπτά	47 λεπτά 70-75% HR <sub>peak</sub>	Η ΗΙΠΤ αύξησε περισσότερο από τη Συνεχή την VO <sub>2peak</sub> , κατά 32% περισσότερο, την ενεργειακή οικονομία, τον PGC-1 <sup>a</sup> , την επαναπρόσληψη του ασβεστίου από το σαρκοπλασματικό δίκτυο, το κλάσμα εξώθησης της αριστερής κοιλίας, την FMD, την αντιοξειδωτική κατάσταση και την ποιότητα ζωής, ενώ μείωσε περισσότερο τη διαστολική και συστολική διάμετρο και τον τελοδιαστολικό και τελοσυστολικό της αριστερής κοιλίας, το proBNP και την LDL
<b>Ασθενείς με μεταμόσχευση καρδιάς</b>								
Dall et al., 2014, 2015	16 (εναλλαγή ομάδων, crossover)	51,9	12 εβδομάδες 3 φορές/ εβδομάδα	Κυκλοεργόμετρο	OXI	30 λεπτά: 2 × 4 λεπτά, 2 × 2 λεπτά και 4 × 1 λεπτό >80% VO <sub>2peak</sub> με ενδιάμεσα 2-λεπτα διαλείμματα στο	45 λεπτά 60-70% VO <sub>2peak</sub> . Συνολικά 65 λεπτά	Η ΗΙΠΤ αύξησε την VO <sub>2peak</sub> κατά 2,3 mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> περισσότερο από τη Συνεχή, ενώ μείωσε την συστολική αρτηριακή πίεση και

60% VO<sub>2peak</sub>.  
Συνολικά 50 λεπτά

αύξησε την HR<sub>peak</sub>  
και την HRR

Nytrøen et al., 2019	37 ΗΙΠ 41 Συνεχής	50 ± 12 48 ± 14	9 μήνες 2-3 φορές/ εβδομάδα	Δαπεδοεργόμετρο ή Κυκλοεργόμετρο	OXI	4 × 4 λεπτά HR <sub>peak</sub> με 3 λεπτά διάλειμμα HR <sub>peak</sub> . Συνολικά 40 λεπτά	85-95% 60-70%	25 λεπτά 60- 80% HR <sub>peak</sub> . Συνολικά 40 λεπτά	Η ΗΙΠ αύξησε περισσότερο από τη Συνεχή την VO <sub>2peak</sub> , κατά 1,8 mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> , την HR <sub>peak</sub> , το αναερόβιο κατώφλι, τον παλμό O <sub>2</sub> , την αρτηριοφλεβική διαφορά O <sub>2</sub> , την μέγιστη ισοκινητική δύναμη των εκτεινόντων του γονάτου και την μέγιστη εκπνευστική ροή
----------------------	----------------------	--------------------	-----------------------------------	--	-----	--	------------------	--	--

eNOS: ενδοθηλιακή συνθετάση του μονοξειδίου του αζώτου, IL-6: ιντερλευκίνη-6, ΗΙΠ: διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης, HOMA-IR: Ομοιοστατικό μοντέλο αξιολόγησης ινσουλινοαντίστασης, HR<sub>peak</sub>: κορυφαία καρδιακή συχνότητα, HRR: καρδιακή συχνότητα εφεδρείας, HR<sub>recovery</sub>: καρδιακή συχνότητα αποκατάστασης, HRV: μεταβλητότητα καρδιακής συχνότητας, LDL: λιποπρωτεΐνη υψηλής πυκνότητας, MPO: μυελοπεροξειδάση, OUES: κλίση αποτελεσματικότητας πρόσληψης οξυγόνου, PPO: μέγιστη παραγόμενη ισχύς, proBNP: εγκεφαλικό νατριουρητικό πεπτίδιο, RPE: δείκτης αντιλαμβανόμενης κόπωσης, ST: τυπική απόκλιση, VE/VCO<sub>2</sub> slope: κλίση του αναπνευστικού ισοδύναμου του διοξειδίου του άνθρακα, VO<sub>2peak</sub>: κορυφαία πρόσληψη οξυγόνου, VT<sub>1</sub>: πρώτο αναπνευστικό κατώφλι, VT<sub>2</sub>: δεύτερο αναπνευστικό κατώφλι

έντασης και 7.9% στην ομάδα συνεχούς μέτριας έντασης, διαφορά στατιστικά σημαντική.

Με βάση τον ίδιο πειραματικό σχεδιασμό ο Amundsen και συνεργάτες έδειξαν ότι η αερόβια διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης, σε αντίθεση με τη συνεχή μέτριας έντασης, βελτίωσε τη διαστολική λειτουργία της αριστερής κοιλίας, αυξάνοντας τον ρυθμό χάλασής της, αν και η διαστολική μυοκαρδική ταχύτητα του μιτροειδικού δακτυλίου παρέμεινε αμετάβλητη. Αντίθετα, η συστολική λειτουργία της αριστερής κοιλίας δε φάνηκε να βελτιώνεται, αφού ο ρυθμός συστολής της και η συστολική μυοκαρδική ιστική ταχύτητα του μιτροειδικού δακτυλίου δεν μεταβλήθηκαν και στις δύο ομάδες (Amundsen et al., 2008).

Δεκατέσσερις άντρες με στεφανιαία νόσο, που είχαν υποβληθεί έξι ή περισσότερους μήνες πριν σε αορτοστεφανιαία παράκαμψη (bypass surgery) ή σε αγγειοπλαστική στεφανιαίων, κατανεμήθηκαν τυχαία σε παραδοσιακή, μέτριας έντασης συνεχή προπόνηση ή σε διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης, 2 φορές την εβδομάδα για 16 εβδομάδες. Το παραδοσιακό μοντέλο καρδιακής αποκατάστασης αποτελούνταν από 10 λεπτά προθέρμανση, 30 λεπτά συνεχούς άσκησης στο 65% της καρδιακής συχνότητας εφεδρείας (heart rate reserve, HRR), και 10 λεπτά αποθεραπεία. Αντίθετα, η διαλειμματική προπόνηση αποτελούνταν από 10 λεπτά προθέρμανση, 8 × 2 λεπτά στο 90% της HRR (85% - 95%) με δίλεπτα διαλείμματα ανάμεσά τους στο 40% της HRR (35% - 45%), και στο τέλος 10 λεπτά αποθεραπεία. Το κύριο εύρημα ήταν ότι η διαλειμματική προπόνηση σε σύγκριση με την παραδοσιακή συνεχή αερόβια προπόνηση επέφερε παρόμοια βελτίωση στην  $VO_{2peak}$  αλλά βελτίωσε περισσότερο το αναερόβιο κατώφλι, καθώς και την αναερόβια ανοχή, όπως αυτή αποτυπώθηκε στην μεγαλύτερη αύξηση του χρόνου μέχρι την εξάντληση (time to exhaustion) στο 90 % της  $VO_2$  εφεδρείας, χωρίς να αυξηθεί ο κίνδυνος για τους ασθενείς (Warburton et al., 2005).

Σε άλλη έρευνα, 59 ασθενείς με αορτοστεφανιαία παράκαμψη κατανεμήθηκαν τυχαία είτε σε διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης στο 90% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας ( $HR_{max}$ ) ή σε συνεχή προπόνηση μέτριας έντασης στο 70%  $HR_{max}$ , 5 φορές την εβδομάδα για 4 εβδομάδες σε κέντρο καρδιακής

αποκατάστασης. Η διαλειμματική προπόνηση αποτελούνταν από προθέρμανση 8 λεπτών, 4 τετράλεπτα στο 90% HR<sub>max</sub> με τρίλεπτα ενεργητικά διαλείμματα στο 70% HR<sub>max</sub> και στο τέλος αποθεραπεία 5 λεπτών. Η συνεχής προπόνηση αποτελούνταν από 46 λεπτά στο 70% HR<sub>max</sub> έτσι ώστε να είναι ισοθερμικά τα δύο πρωτόκολλα. Μετά το τέλος της ενδονοσοκομειακής αποκατάστασης, οι ασθενείς έλαβαν οδηγίες για να ασκούνται στο σπίτι τους στην ίδια ένταση και διάρκεια, ανάλογα με την ομάδα στην οποία είχαν κατανεμηθεί, 3-4 φορές την εβδομάδα. Η VO<sub>2peak</sub>, η καρδιακή συχνότητα αποκατάστασης (HR<sub>recovery</sub>) και η ποιότητα ζωής αυξήθηκαν σημαντικά μετά τις 4 εβδομάδες και στις δύο ομάδες. Ωστόσο, στους 6 μήνες η διαλειμματική προπόνηση ήταν ανώτερη της συνεχούς στην αύξηση των τριών αυτών παραμέτρων. Επομένως, μακροπρόθεσμα φάνηκε να υπερτερεί η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης (Moholdt et al., 2009).

Αντίστοιχα, 101 ασθενείς 2-12 εβδομάδες μετά από έμφραγμα του μυοκαρδίου κατανεμήθηκαν τυχαία σε σύνηθες πρωτόκολλο αποκατάστασης ή σε διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης στο δαπεδοεργόμετρο για 12 εβδομάδες, 2 φορές την εβδομάδα. Το σύνηθες πρωτόκολλο συνολικής διάρκειας 60 λεπτών περιλάμβανε 10 λεπτά προθέρμανση, 35 λεπτά αερόβιες ασκήσεις μέτριας έντασης, όπως περπάτημα, τζόκινγκ, προβολές και καθίσματα, 5 λεπτά αποθεραπείας και στο τέλος διατάσεις, ενώ η διαλειμματική προπόνηση 8 λεπτά προθέρμανση, 4 × 4 λεπτά στο 85-95% της HR<sub>max</sub> με ενεργητικό διάλειμμα 3 λεπτών 70% της HR<sub>max</sub> ενδιάμεσα τους και 5 λεπτά αποθεραπεία, με συνολική διάρκεια 38 λεπτά. Η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης αύξησε τη VO<sub>2peak</sub> από 31,6 σε 36,2 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, σημαντικά περισσότερο σε σύγκριση με το σύνηθες πρωτόκολλο καρδιακής αποκατάστασης, το οποίο την αύξησε από 32,2 σε 34,7 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>. Ωστόσο, όσον αφορά στις δευτερεύουσες παραμέτρους, η ενδοθηλιακή λειτουργία, η αδιπνεκτίνη ορού και η ποιότητα ζωής αυξήθηκαν, ενώ η φεριτίνη ορού και η καρδιακή συχνότητα ηρεμίας μειώθηκαν παρόμοια και στις δύο ομάδες, με εξαίρεση την υψηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνη (HDL) που αυξήθηκε μόνο μετά τη διαλειμματική προπόνηση (Moholdt et al., 2012).

Τριανταένα ασθενείς με σταθεροποιημένη στεφανιαία νόσο κατανεμήθηκαν τυχαία σε διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης ή συνεχή προπόνηση μέτριας

έντασης για 10 εβδομάδες, 3 φορές την εβδομάδα. Η διαλειμματική προπόνηση αποτελούνταν από 5 λεπτά προθέρμανση, 3 λεπτά στο 60% to 70% HRR, 4 × 4 λεπτά στο 80-90% της HRR με ενεργητικό διάλειμμα 3 λεπτών στο 60-70% της HRR ενδιάμεσα τους και 4 λεπτά αποθεραπεία. Η συνεχής προπόνηση αποτελείτο από 5 λεπτά προθέρμανση, 30 λεπτά στο 60-80% της HRR και 5 λεπτά αποθεραπεία. Κανένας ασθενής δεν χρειάστηκε να επανεισαχθεί στο νοσοκομείο κατά τη διάρκεια ή μετά την άσκηση. Το αναερόβιο κατώφλι αυξήθηκε σημαντικά περισσότερο με τη διαλειμματική προπόνηση ( $3 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) σε σχέση με τη συνεχή ( $0,7 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ), όπως και η  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ ,  $3,6 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  και  $1,7 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  αντίστοιχα (Keteyian et al., 2014).

Έρευνα που συνέκρινε τις επιδράσεις διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης και συνεχούς προπόνησης μέτριας έντασης και υψηλότερου όγκου 12 εβδομάδων, 2 φορές την εβδομάδα, στην αγγειο-διασταλτικότητα της βραχιόνιας αρτηρίας μέσω απόφραξης/αποκατάστασης της αιματικής ροής (FMD), που είναι δείκτης της ενδοθηλιακής λειτουργίας και στην  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ , σε 21 ασθενείς με στεφανιαία νόσο έδειξε παρόμοιες βελτιώσεις και στις δύο ομάδες. Η συνεχής προπόνηση αποτελούνταν από 30-50 λεπτά στο 58% της μέγιστης παραγόμενης ισχύος (peak power output, PPO), ενώ η διαλειμματική προπόνηση από 10 διαστήματα του 1 λεπτού στο 89% της PPO χωρισμένα από διαλείμματα του ενός λεπτού στο 10% της PPO. Η μικρού όγκου διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης φάνηκε να αποτελεί μία αποδοτική εναλλακτική έναντι της πιο χρονοβόρας συνεχούς προπόνησης, εξοικονομώντας χρόνο (Currie et al., 2013)

Μία μεγάλη πολυκεντρική μελέτη σε 200 ασθενείς με στεφανιαία νόσο έδειξε ότι 12 εβδομάδες των 3 συνεδριών κάθε εβδομάδα, είτε διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης στο 90-95%  $\text{HR}_{\text{peak}}$  είτε συνεχούς προπόνησης μέτριας έντασης 70-75%  $\text{HR}_{\text{peak}}$  σε κυκλοεργόμετρο είχαν παρόμοιες, ίσες βελτιώσεις στην  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ , την περιφερική ενδοθηλιακή λειτουργία (FMD), την ποιότητα ζωής και σε κάποιους παράγοντες καρδιαγγειακού κινδύνου, συμπεριλαμβανομένων της διαστολικής αρτηριακής πίεσης που μειώθηκε και της HDL που αυξήθηκε. Η διαλειμματική προπόνηση συνολικής διάρκειας 38 λεπτών, αποτελείτο από 10 λεπτά προθέρμανση στο 60-70%  $\text{HR}_{\text{peak}}$  και στη συνέχεια 4 × 4

λεπτά στο 90-95%  $HR_{peak}$  με 3-λεπτα ενδιάμεσα διαλείμματα στο 50-70%  $HR_{peak}$ . Η συνεχής προπόνηση συνολικής διάρκειας 47 λεπτών, αποτελείτο από 5 λεπτά προθέρμανση στο 60-70%  $HR_{peak}$ , στη συνέχεια 37 λεπτά τουλάχιστον στο 65-75%  $HR_{peak}$  και 5 λεπτά αποθεραπεία στο 60-70%  $HR_{peak}$ . Φάνηκε ότι και τα δύο προπονητικά πρωτόκολλα ήταν ασφαλή, ενώ η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης ήταν δύσκολα εφαρμόσιμη στους ασθενείς, καθώς δεν μπορούσαν να διατηρήσουν τη συγκεκριμένη ένταση για 4 λεπτά (Conraads et al., 2015). Συμπληρωματική μελέτη έδειξε ότι οι βραχυχρόνιες βελτιώσεις της διαλειμματικής και συνεχούς προπόνησης διατηρήθηκαν το ίδιο και στις δύο ομάδες 1 χρόνο μετά (Pattyn et al., 2016). Προκλήθηκαν επίσης παρόμοιες αυξήσεις σε υπομέγιστες παραμέτρους, όπως η  $VO_2$ , η HR και η παραγωγή έργου στο πρώτο και δεύτερο αναπνευστικό κατώφλι (Pattyn et al., 2017). Τέλος, πιο πρόσφατη υπομελέτη έδειξε ότι δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ της διαλειμματικής και συνεχούς προπόνησης στη γεωμετρία, τη διαστολική και τη συστολική λειτουργία της αριστερής κοιλίας (Van De Heyning et al., 2018).

Παρόμοια αποτελέσματα έδειξαν 12 εβδομάδες διαλειμματικής ή συνεχούς προπόνησης σε κυκλοεργόμετρο, από 3 φορές την εβδομάδα, σε 60 ασθενείς με στεφανιαία νόσο. Τα δύο πρωτόκολλα ήταν ισοθερμικά, με την συνεχή προπόνηση να αποτελείται από 33 λεπτά στο 65-85%  $HR_{peak}$  και την διαλειμματική από 4 × 4 λεπτά στο 85-95%  $HR_{peak}$ , με ενδιάμεσα ενεργητικά διαλείμματά των 3 λεπτών στο 60-70%  $HR_{peak}$ , ενώ περιλάμβαναν και οι δύο 5 λεπτά προθέρμανση και 5 λεπτά αποθεραπεία στο 60-70%  $HR_{peak}$ . Και τα δύο πρωτόκολλα οδήγησαν σε παρόμοιες, σημαντικές βελτιώσεις στην υψηλότερη τιμή παραγόμενης ισχύος (peak work capacity), 21,1 % η συνεχής και 22,8 % η διαλειμματική (Tschentscher et al., 2016).

Μία μελέτη σε 71 ασθενείς με στεφανιαία νόσο εξέτασε τις επιδράσεις της διαλειμματικής και συνεχούς προπόνησης και σε άλλες παραμέτρους της καρδιαγγειακής ευρωστίας εκτός από την  $VO_{2peak}$ , όπως η σχέση μεταξύ πνευμονικού αερισμού και παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα ( $VE/VCO_2$  slope), η σχέση μεταξύ  $VO_2$  και VE (oxygen uptake efficiency slope, OUES) και η καμπύλη του οξυγόνου παλμού ( $O_2$  pulse). Η συνεχής προπόνηση μέτριας έντασης

περιλάμβανε 30 λεπτά στο 70–75% HR<sub>max</sub>, ενώ η ΗΠΤ 30 λεπτά χωρισμένα σε 2-λεπτα εναλλασσόμενα διαστήματα στο 90% και 60% HR<sub>max</sub>, και οι δύο 3 φορές την εβδομάδα για 16 εβδομάδες. Φάνηκε ότι η ΗΠΤ βελτίωσε τη VO<sub>2peak</sub> (18%), την υψηλότερη τιμή του O<sub>2</sub> παλμού και την καμπύλη του O<sub>2</sub> παλμού (22%), σε αντίθεση με τη συνεχή προπόνηση που δεν οδήγησε σε κάποια βελτίωση. Όσον αφορά στην κλίση της σχέσης VE/VCO<sub>2</sub> και την OUES, κανένα από τα δύο προπονητικά πρωτόκολλα δεν είχε κάποια επίδραση (Cardozo et al., 2015).

Σε 72 χαμηλού κινδύνου ασθενείς με στεφανιαία νόσο, η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης, στο 50% του μέγιστου παραγόμενου έργου κατά την εργομέτρηση μέχρι εξάντλησης σε σύγκριση με συνεχή προπόνηση μέτριας έντασης στο πρώτο αναπνευστικό κατώφλι για 8 εβδομάδες 3 φορές την εβδομάδα, οδήγησε σε σημαντικά μεγαλύτερη βελτίωση στην VO<sub>2peak</sub> (24% έναντι 12%) και την λειτουργική ικανότητα, όπως αυτή αποτυπώνεται από την μεγαλύτερη απόσταση που καλύφθηκε στην εξάλεπτη δοκιμασία βάδισης (6-minute walk test). Ακόμα, η διαλειμματική προπόνηση βελτίωσε ελάχιστα περισσότερο- μη σημαντικά- το πρώτο αναπνευστικό κατώφλι (21%) σε σύγκριση με τη συνεχή (14%) και την ποιότητα ζωής χωρίς την εμφάνιση ανεπιθύμητων περιστατικών (Jaureguizar et al., 2016). Επίσης, φάνηκε ότι μόνο η ΗΠΤ επέφερε σημαντική βελτίωση στην HR<sub>recovery</sub> στο πρώτο (5,77 bpm) και δεύτερο λεπτό (7,78 bpm) μετά τον τερματισμό της άσκησης (Vilhelbeitia-Jaureguizar et al., 2017).

Με βάση τα ίδια προπονητικά πρωτόκολλα διαλειμματικής και συνεχούς άσκησης και τον ίδιο πειραματικό σχεδιασμό των 8 εβδομάδων και 3 προπονήσεων την εβδομάδα, συγκρίθηκαν τα δύο είδη άσκησης ως προς την μηχανική απόδοση/ενεργειακή οικονομία αλλά και την VO<sub>2peak</sub> σε 110 ασθενείς με στεφανιαία νόσο, χωρισμένους αντίστοιχα σε δύο ομάδες. Η VO<sub>2peak</sub> βελτιώθηκε σημαντικά και στις δύο ομάδες αλλά η ΗΠΤ προκάλεσε σημαντικά μεγαλύτερη βελτίωση σε σχέση με τη συνεχή (3,88 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> και 2,96 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, αντίστοιχα). Πιο σημαντικό και νέο εύρημα όμως, ήταν ότι η ενεργειακή οικονομία στην μέγιστη προσπάθεια (VO<sub>2peak</sub>) και στο δεύτερο αναπνευστικό κατώφλι βελτιώθηκε μόνο με τη ΗΠΤ, ενώ στο πρώτο αναπνευστικό κατώφλι βελτιώθηκε και στις δύο ομάδες αλλά σημαντικά περισσότερο στην ομάδα της διαλειμματικής

προπόνησης, 5.52 % στη διαλειμματική και 2.20 % στη συνεχή (Vilhelbeitia-Jaureguizar et al., 2019).

Ασθενείς με πρόσφατο οξύ στεφανιαίο σύνδρομο βρίσκονται σε αυξημένο κίνδυνο για αιφνίδιο, αρρυθμικό καρδιακό θάνατο. Η σύγκριση της διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης (100% μέγιστης παραγόμενης ισχύος) με την συνεχή προπόνηση μέτριας έντασης (60% μέγιστης παραγόμενης ισχύος) ως προς τους παράγοντες καρδιακού κινδύνου σε 43 ασθενείς με οξύ στεφανιαίο σύνδρομο, κατανεμημένους σε δύο ομάδες, έδειξε ότι η διαλειμματική προπόνηση ήταν εξίσου ασφαλής, ενώ βελτίωσε και την  $HR_{\text{recovery}}$  στα 5 λεπτά, σε αντίθεση με τη συνεχή που δεν είχε κάποια επίδραση (Boidin et al., 2019). Άλλη έρευνα σε 82 ασθενείς με οξύ στεφανιαίο σύνδρομο, υπό διπλή αντιαιμοπεταλιακή θεραπεία, έδειξε ότι ο συνδυασμός διαλειμματικής με συνεχή προπόνηση (ίδιας έντασης με την παραπάνω έρευνα) σε σύγκριση με τη συνεχή μόνη της, για 12 εβδομάδες 4 φορές την εβδομάδα, ήταν πιο αποτελεσματικός στην μείωση της αντιδραστικότητας των αιμοπεταλίων (Heber et al., 2020).

Σημαντικά ήταν και τα ευρήματα δυο πρόσφατων ερευνών με μικρής διάρκειας προπονητική παρέμβαση, τριών και δύο εβδομάδων αντίστοιχα. Στην πρώτη 50 ασθενείς με στεφανιαία νόσο κατανεμήθηκαν είτε σε διαλειμματική προπόνηση ( $4 \times 4$  λεπτά στο 85–95%  $HR_{\text{peak}}$ , σύμφωνα με το πρωτόκολλο των Roghmo και συνεργατών) είτε σε συνεχή (25 λεπτά στο 75%  $HR_{\text{peak}}$ ) για 3 εβδομάδες από 3-4 φορές την εβδομάδα (Wehmeier et al., 2020). Η ΗΠΤ σε σχέση με τη συνεχή αύξησε σημαντικά περισσότερο τη μέγιστη παραγόμενη ισχύ (20,9 και 8,8 W, αντίστοιχα), την  $VO_{2\text{peak}}$  σε απόλυτες (0,33 και 0,05 L/min, αντίστοιχα) και σχετικές τιμές (3,4 και 0,9  $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , αντίστοιχα) και τον παλμό οξυγόνου (1,8 και 0,35 mL/παλμό, αντίστοιχα). Η διαλειμματική προπόνηση φάνηκε να υπερτερεί της συνεχούς και ως προς τις μεταβλητές καρδιαγγειακής προστασίας σε μελέτη σε ασθενείς με στεφανιαία αγγειοπλαστική, αν και δεν ήταν υψηλή αλλά μέτρια προς υψηλή (60-80% της HRR), ενώ η συνεχής ήταν χαμηλή προς μέτρια (40-50% της HRR). Ένα βραχύχρονο πρόγραμμα 2 εβδομάδων από 3 προπονήσεις κάθε εβδομάδα σε 11 ασθενείς με σταθεροποιημένη στεφανιαία νόσο μετά από στεφανιαία αγγειοπλαστική, είτε διαλειμματικής είτε συνεχούς προπόνησης, έδειξε



ότι η διαλειμματική ήταν αποτελεσματικότερη στην βελτίωση ή διατήρηση των παραγόντων παραγωγής μονοξειδίου του αζώτου, όπως η νορεπινεφρίνη, η ενδοθηλιακή συνθετάση του μονοξειδίου του αζώτου (eNOS) και η εξωκυττάρια υπεροξειδική δισμουτάση και ως αποτέλεσμα στη διατήρηση της FMD (Sarvasti et al., 2020).

Τέλος, ιδιαίτερης αξίας χρήζουν και τα αποτελέσματα της σύγκρισης της διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης με την συνεχή μέτριας έντασης ως προς καρδιομεταβολικούς παράγοντες κινδύνου. Σαράντα δύο ασθενείς με στεφανιαία νόσο κατανεμήθηκαν είτε σε διαλειμματική (4 × 4 λεπτά στο 85% - 95% HR<sub>peak</sub> με 3 λεπτά ενεργητικό διάλειμμα) ή σε συνεχή προπόνηση (34 λεπτά στο 65% - 75% HR<sub>peak</sub>) για 4 εβδομάδες από 3 φορές την εβδομάδα υπό επίβλεψη και ακολούθως για 11 μήνες χωρίς επίβλεψη. Τα δύο είδη προπόνησης φάνηκε να προκαλούν παρόμοιες μειώσεις στον σπλαγγικό λιπώδη ιστό, τόσο στους 3 μήνες όσο και στους 12, ενώ η διαλειμματική προπόνηση είχε την τάση να μειώσει περισσότερο το ηπατικό λίπος από τη συνεχή, 2 φορές περισσότερο (-2.8% και -1.4%, αντίστοιχα), χωρίς όμως να είναι στατιστικά σημαντική η διαφορά (Taylor et al., 2020). Αντίστοιχα, έρευνα σε 56 ασθενείς με συννοσηρότητα εμφράγματος του μυοκαρδίου και μεταβολικού συνδρόμου χωρισμένους σε ομάδα διαλειμματικής (RPE 15-17 στην κλίμακα Borg 6-20) και συνεχούς προπόνησης (12-14 RPE) για 12 εβδομάδες από 3 προπονήσεις την εβδομάδα, έδειξε να υπερτερεί η διαλειμματική. Συγκεκριμένα, η διαλειμματική προπόνηση σε σύγκριση με τη συνεχή φάνηκε να προκαλεί μεγαλύτερες μειώσεις στο μεταβολικό σύνδρομο, σύμφωνα με τα κριτήρια της ATP III του NCEP, στην τυπική τιμή (z-score) του μεταβολικού συνδρόμου και σε κάποιες επιμέρους παραμέτρους του μεταβολικού συνδρόμου, όπως στην περιφέρεια μέσης (- 3 και 1 cm, αντίστοιχα), στη γλυκόζη νηστείας (- 25.8 και - 3.9 mg/dl, αντίστοιχα), στα τριγλυκερίδια (- 67.8 και - 10.4 mg/dl, αντίστοιχα), και στη διαστολική πίεση (- 7 και 0 mmHg, αντίστοιχα). Επιπλέον, η ΗΠΤ προκάλεσε σε αντίθεση με τη συνεχή προπόνηση μείωση της λιπώδους μάζας, -2.1 και 0 kg αντίστοιχα, και αύξηση στην άλιπη μάζα σώματος, 0.9 έναντι - 0.9 kg (Dun et al., 2019).

Παρά τα φυσιολογικά οφέλη της ΗΠΤ, αρκετές φορές υπάρχει η πεποίθηση ότι αυξάνει τον καρδιαγγειακό κίνδυνο. Ωστόσο, μελέτη σε 4.846 ασθενείς με στεφανιαία νόσο και σε συνολικά 175.820 ώρες άσκησης, και συνεχούς και διαλειμματικής, έδειξε ότι ο κίνδυνος καρδιαγγειακού περιστατικού ήταν πολύ μικρός και για τα δύο είδη προπόνησης, αφού βρέθηκε μόνο μία μοιραία καρδιακή ανακοπή κατά τη διάρκεια της συνεχούς προπόνησης μέτριας έντασης και δύο μη θανατηφόρες καρδιακές ανακοπές κατά τη ΗΠΤ (Rognmo et al., 2012).

Αρκετές συστηματικές ανασκοπήσεις και μετα-αναλύσεις έχουν εξετάσει και συνοψίσει τα επιμέρους ευρήματα των παραπάνω ερευνών (Πίνακας 2.2.). Σε μία συστηματική ανασκόπηση των Cornish και συνεργατών (2011), συνοψίστηκαν τα μεγαλύτερα φυσιολογικά οφέλη της διαλειμματικής προπόνησης έναντι της συνεχούς, στην καρδιοαναπνευστική ευρωστία ( $VO_{2peak}$ ,  $VO_2$  στο αναπνευστικό κατώφλι), στην ενδοθηλιακή λειτουργία και στη μορφολογία και λειτουργία της αριστερής κοιλίας, χωρίς ταυτόχρονα την εμφάνιση ανεπιθύμητου περιστατικού. Ωστόσο, τονίζονται επίσης οι μεθοδολογικοί περιορισμοί των συμπεριλαμβανομένων μελετών, καθώς περιλάμβαναν μικρό αριθμό συμμετεχόντων. Παρόμοια, μία μετα-ανάλυση 9 μελετών, μεταξύ των οποίων και κάποιες σε ασθενείς με ισχαιμική καρδιακή ανεπάρκεια, που συμπεριλάμβαναν 206 ασθενείς με στεφανιαία νόσο έδειξε ότι η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης βελτίωσε κατά  $1,6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  περισσότερο την  $VO_{2peak}$  σε σύγκριση με τη συνεχή μέτριας έντασης (Pattyn et al., 2014). Ωστόσο, η συνεχής προπόνηση φάνηκε να μειώνει κατά  $0,78 \text{ kg}$  περισσότερο τη σωματική μάζα, γεγονός όμως που ίσως να οφείλεται στον μεγαλύτερο όγκο των πρωτοκόλλων συνεχούς προπόνησης.

Μία άλλη μετα-ανάλυση η οποία περιλάμβανε 6 μελέτες με συνολικά 229 ασθενείς με σταθεροποιημένη στεφανιαία νόσο, παρήγαγε και αυτή αποτελέσματα υπέρ της διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης (Elliott et al., 2015). Συγκεκριμένα, φάνηκε να βελτιώνει την  $VO_{2peak}$  κατά  $1,53 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  περισσότερο από τη συνεχή, ενώ επίσης βελτίωσε την  $VO_2$  στο αναερόβιο κατώφλι κατά  $1,95 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  περισσότερο, χωρίς όμως να παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στους παράγοντες καρδιαγγειακού κινδύνου, όπως η συστολική αρτηριακή πίεση.

Οι Liou και συνεργάτες σε μία μετα-ανάλυση 10 μελετών με συνολικά 472 ασθενείς με στεφανιαία νόσο, επανέλαβαν τα ευρήματα των προηγούμενων μετα-αναλύσεων όσον αφορά στη  $VO_{2peak}$ , αφού η διαλειμματική προπόνηση την αύξησε κατά  $1,78 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  περισσότερο από τη συνεχή (2016). Ωστόσο, η συνεχής προπόνηση μέτριας έντασης μείωσε κατά 1.8 bpm περισσότερο την καρδιακή συχνότητα ηρεμίας και κατά 0.48 kg περισσότερο τη σωματική μάζα σε σύγκριση με τη διαλειμματική – πιθανότατα λόγω του υψηλότερου όγκου των συνεχών πρωτοκόλλων – ενώ δεν παρατηρήθηκαν διαφορές σε άλλους παράγοντες καρδιαγγειακού κινδύνου, όπως η γλυκόζη αίματος, τα τριγλυκερίδια και η HDL.

Μετα-ανάλυση 12 μελετών που συνέκρινε τις επιδράσεις της ΗΙΠΤ και της συνεχούς προπόνησης στην  $VO_{2peak}$  αλλά και στην ποιότητα ζωής, σε 609 ασθενείς με στεφανιαία νόσο, έδειξε παρόμοια αποτελέσματα, καθώς η ΗΙΠΤ βελτίωσε κατά  $1,3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  περισσότερο την  $VO_{2peak}$ , χωρίς όμως να παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στην ποιότητα ζωής. Ωστόσο, η υπο-ανάλυση τριών εκ των μελετών με ισοθερμικά πρωτόκολλα δεν έδειξε σημαντική διαφορά των δύο τύπων προπόνησης στη  $VO_{2peak}$  (Gomes-Neto et al., 2017).

Οι Ribeiro και συνεργάτες (2017) σε μία ανασκόπησή τους για τη διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης σε ασθενείς με στεφανιαία νόσο, επανέλαβαν τα προηγούμενα ευρήματα σχετικά με την υπεροχή της έναντι της συνεχούς στη βελτίωση της  $VO_{2peak}$  και της ενδοθηλιακής λειτουργίας, τονίζοντας όμως και τις παρόμοιες επιδράσεις που είχαν σε άλλους παράγοντες, όπως αναπνευστικοί παράγοντες (πχ. κλίση  $VE/VCO_2$ ), η ποιότητα ζωής, η αθηρωματική πλάκα και η αρτηριακή πίεση. Επίσης, στις συμπεριληφθείσες μελέτες δεν αναφέρθηκε κάποιο σημαντικό απρόσμενο περιστατικό κατά τη διάρκεια της προπονητικής παρέμβασης ΗΙΠΤ, με εξαίρεση ένα περιστατικό στηθάγχης (Moholdt et al., 2012), και επομένως η ΗΙΠΤ μπορεί να θεωρηθεί ένα ασφαλές είδος άσκησης.

Τέλος, μία συστηματική ανασκόπηση και μετα-ανάλυση 17 μελετών, που περιλάμβαναν 953 συμμετέχοντες επανέλαβε την υπεροχή της ΗΙΠΤ έναντι της συνεχούς προπόνησης, όσον αφορά στο δείκτη της καρδιοαναπνευστικής ευρωστίας  $VO_{2peak}$  (τυποποιημένη μέση διαφορά, SMD =  $0.34 \text{ mL/kg/min}$ ). Η πρωτοτυπία όμως της συγκεκριμένης συστηματικής ανασκόπησης έγκειται στο

γεγονός ότι συνέκρινε τα δύο είδη προπόνησης σε συνάρτηση με τη διάρκεια, τις εβδομάδες που διαρκούσε η προπονητική παρέμβαση, και η οποία έδειξε ότι η διαφορά μεταξύ διαλειμματικής και συνεχούς ήταν σημαντική μόνο όταν οι παρεμβάσεις διαρκούσαν περισσότερο από 6 εβδομάδες (Hannan et al., 2018).

**Πίνακας 2.2.** Χαρακτηριστικά και αποτελέσματα μετα-αναλύσεων

Μετα-ανάλυση	Αριθμός μελετών	Συνολικός αριθμός δοκιμαζομένων	Αποτελέσματα της ΗΠΤ σε σύγκριση με τη Συνεχή	
			Μέση διαφορά στην $VO_{2peak}$ (ml/kg/min)	Δευτερεύουσες παράμετροι
<b>Ασθενείς με Στεφανιαία νόσο</b>				
Elliott et al., 2015	6	229	1,53 ( $p = 0.0001$ )	Η ΗΠΤ βελτίωσε περισσότερο το αναερόβιο κατώφλι ( $VO_2$ στο αναερόβιο κατώφλι)
Gomes-Neto et al., 2017	12	609	1,25 ( $p = 0.003$ )	Καμία διαφορά στην ποιότητα ζωής
Hannan et al., 2018	17	953	1,15 ( $p < 0.00001$ )	-
Liou et al., 2016	10	472	1,78 ( $p = 0.009$ )	Η συνεχής μείωσε περισσότερο την $HR_{rest}$ και το σωματικό βάρος
<b>Ασθενείς με Καρδιακή ανεπάρκεια</b>				
Araújo et al., 2019	5	109	2,36 ( $p = 0.02$ )	Η ΗΠΤ αύξησε περισσότερο το κλάσμα εξώθησης της αριστερής κοιλίας και την ποιότητα ζωής
Cornelis et al., 2016	11	501	0,73 ( $p = 0.138$ )	Η ΗΠΤ αύξησε περισσότερο το κλάσμα εξώθησης της αριστερής κοιλίας και μείωσε περισσότερο τη τελοδιαστολική διάμετρο της αριστερής κοιλίας
Gomes Neto et al., 2018	13	411	1,35 ( $p = 0.03$ )	Καμία διαφορά στο αναπνευστικό ισοδύναμο $CO_2$ και στην ποιότητα ζωής
Haykowsky et al., 2013	7	168	2,14 ( $p = 0.005$ )	Μη σημαντική διαφορά στο κλάσμα εξώθησης της αριστερής κοιλίας κατά την ηρεμία

Tucker et al., 2019	4	256	1,89 (στατιστικά μη σημαντική)	Η ΗΠΤ είχε μία τάση να αυξήσει περισσότερο το κλάσμα εξώθησης, και να μειώσει τον τελοδιαστολικό και τελοσυστολικό όγκο της αριστερής κοιλίας
<b>Συνολικά στους καρδιοπαθείς</b>				
Hwang et al., 2011	6	153	3,6 ( $p < 0.05$ )	Μη σημαντική διαφορά στη γλυκόζη νηστείας
Pattyn et al., 2014	9	206	1,6 ( $p = 0.03$ )	Η συνεχής μείωσε περισσότερο το σωματικό βάρος
Pattyn et al., 2018	24	1.080	1,4 ( $p < 0.001$ )	Η ΗΠΤ αύξησε περισσότερο το πρώτο αναπνευστικό κατώφλι και την HR <sub>peak</sub>
Ramos et al., 2015	7	182	9-30% περισσότερο	Η ΗΠΤ αύξησε περισσότερο την FMD, και τον PGC-1α και μείωσε περισσότερο το οξειδωτικό στρες.
Weston et al., 2014	10	273	3,03 ( $p < 0.001$ )	-
Xie et al., 2017	21	736	1,76 ( $p < 0.001$ )	Η ΗΠΤ αύξησε περισσότερο την VO <sub>2</sub> στο αναερόβιο κατώφλι

CO<sub>2</sub>: διοξείδιο του άνθρακα, FMD: αγγειο-διασταλτικότητα της βραχιόνιας αρτηρίας μέσω απόφραξης/αποκατάστασης της αιματικής ροής, ΗΠΤ: διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης, HR<sub>rest</sub>: καρδιακή συχνότητα ηρεμίας, PGC-1<sup>α</sup>: συνενεργοποιητής 1-άλφα του ενεργοποιούμενου από πολλαπλασιαστές των υπεροξυσωμάτων υποδοχέα γ, VO<sub>2</sub>: πρόσληψη οξυγόνου, VO<sub>2peak</sub>: κορυφαία πρόσληψη οξυγόνου

### 2.1.2. Οξείες αποκρίσεις σε ασθενείς με στεφανιαία νόσο

Οι οξείες αποκρίσεις στην άσκηση σχετίζονται άμεσα με την ασφάλεια της εκάστοτε προπονητικής παρέμβασης αλλά και με την ανοχή του ασκούμενου-ασθενή στην άσκηση και ως αποτέλεσμα του βαθμού προσκόλλησης σε αυτή. Μία ανασκόπηση των Guiraud και συνεργατών, τμήμα της οποίας συνέκρινε τις οξείες αποκρίσεις στην διαλειμματική άσκηση υψηλής έντασης και στη συνεχή άσκηση μέτριας έντασης σε ασθενείς με στεφανιαία νόσο, έδειξε ότι γενικά η διαλειμματική

άσκηση είναι ασφαλής, όπως και η συνεχής, ενώ είναι και πιο ανεκτή (2012). Τα ευρήματα αυτά έρχονται σε συμφωνία με αντίστοιχη έρευνα σε υγιή πληθυσμό (Bartlett et al., 2011).

Έρευνα σε 20 ασθενείς με σταθεροποιημένη στεφανιαία νόσο συνέκρινε τις άμεσες, οξείες φυσιολογικές αποκρίσεις ενός πρωτοκόλλου διαλειμματικής άσκησης υψηλής έντασης και ενός πρωτοκόλλου συνεχούς άσκησης μέτριας έντασης (Guiraud et al., 2011). Τα δύο πρωτόκολλα ήταν ισοθερμικά, με την διαλειμματική άσκηση να αποτελείται από 10 λεπτά προθέρμανση στο 50% της PPO, στη συνέχεια από δύο σετ 10 λεπτών το καθένα, μεταξύ των οποίων μεσολαβούσε διάλειμμα τεσσάρων λεπτών, τα οποία συνίσταντο από εναλλαγές 15 δευτερολέπτων στο 100% PPO και 15 δευτερολέπτων παθητικού διαλείμματος και τέλος 5 λεπτά αποθεραπεία. Αντίθετα, η συνεχής αποτελείτο από κατά μέσο όρο περίπου 29 λεπτά στο 70% PPO, έτσι ώστε να είναι ισοθερμική με τη διαλειμματική. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές κοιλιακές αρρυθμίες ή αφύσικες αποκρίσεις της αρτηριακής πίεσης σε κανένα από τα δύο είδη άσκησης, ενώ και η συγκέντρωση της τροπονίνης T (cTnT) στο αίμα δεν αυξήθηκε στα 20 λεπτά και στις 24 ώρες μετά την άσκηση, είτε συνεχή είτε διαλειμματική, αποκλείοντας το ενδεχόμενο εμφάνισης κάποιου τραυματισμού του μυοκαρδίου (πχ. έμφραγμα). Ο πνευμονικός αερισμός βρέθηκε να είναι υψηλότερος κατά την συνεχή άσκηση από τη διαλειμματική, 58,9 και 49,8 αντίστοιχα, και επομένως και η αίσθηση δύσπνοιας ίσως να ήταν υψηλότερη κατά τη συνεχή άσκηση (Guiraud et al., 2012). Πολύ σημαντικό ήταν το γεγονός ότι όλοι οι ασθενείς προτίμησαν τη διαλειμματική άσκηση από τη συνεχή, γεγονός που συσχετιζόταν και με μία μικρότερη αντιλαμβανόμενη κόπωση κατά τη διαλειμματική άσκηση (14 και 16 RPE, αντίστοιχα).

Άλλη έρευνα με τα ίδια πρωτόκολλα διαλειμματικής και συνεχούς άσκησης σε 19 ασθενείς με σταθεροποιημένη στεφανιαία νόσο, συνέκρινε την επίδρασή τους στα επίπεδα κυκλοφορούντων ενδοθηλιακών μικροσωματιδίων, τα οποία αποτελούν βιοδείκτες της ενδοθηλιακής δυσλειτουργίας (Guiraud et al., 2013). Όπως και στην προηγούμενη έρευνα δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές κοιλιακές αρρυθμίες ή αφύσικες αποκρίσεις της αρτηριακής πίεσης σε κανένα από τα δύο

είδη άσκησης και η συγκέντρωση της τροπονίνης T (cTnT) στο αίμα δεν αυξήθηκε μέχρι και 72 ώρες μετά την άσκηση. Όσον αφορά στους ενδοθηλιακούς βιοδείκτες, τα επίπεδα των κυκλοφορούντων ενδοθηλιακών μικροσωματιδίων δεν αυξήθηκαν στα 20 λεπτά, τις 24 και 72 ώρες μετά το τέλος είτε της διαλειμματικής είτε της συνεχούς άσκησης. Επίσης, δεν αυξήθηκαν και τα επίπεδα άλλων αγγειακών βιοδεικτών, όπως τα επίπεδα κυκλοφορούντων αιμοπεταλιακών μικροσωματιδίων, αλλά και τα νιτρώδη και νιτρικά. Επομένως, η διαλειμματική άσκηση υψηλής έντασης κρίθηκε ασφαλής, όπως και η συνεχής μέτριας έντασης, και όχι επίφοβη για την πρόκληση αγγειακής διατμητικής τάσης (vascular shear stress), ικανής να βλάψει το ενδοθήλιο (Guiraud et al., 2012).

## **2.2. Σύγκριση διαλειμματικής προπόνηση υψηλής έντασης και συνεχούς προπόνησης μέτριας έντασης σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια**

Η καρδιακή ανεπάρκεια αποτελεί ένα μείζον, αναπτυσσόμενο υγειονομικό πρόβλημα με εκτιμώμενο επιπολασμό περίπου 37,7 άτομα παγκοσμίως. Οι ασθενείς με χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια αντιμετωπίζουν μία σειρά συμπτωμάτων που δυσχεραίνουν την ποιότητα ζωής τους, όπως δύσπνοια, κόπωση, χαμηλή ανοχή στην άσκηση και κατακράτηση υγρών, ενώ εμφανίζουν και σημαντικά αυξημένη θνησιμότητα (Ziaeiian & Fonarow, 2016). Η άσκηση έχει φανεί ότι αποτελεί ικανό μέσο για την αντιμετώπιση της καρδιακής ανεπάρκειας, χωρίς όμως να έχει πλήρως αποσαφηνιστεί ποιο είδος είναι καλύτερο (Vanhees et al., 2012). Αρκετές έρευνες έχουν συγκρίνει τις επιδράσεις της διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης με αυτές της συνεχούς προπόνησης μέτριας έντασης σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια, τόσο τις χρόνιες προσαρμογές όσο και τις οξείες αποκρίσεις (Πίνακας 2.1.). Η ΗΠΤ φαίνεται γενικά να υπερέχει της συνεχούς προπόνησης και στους ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια.

### **2.2.1 Χρόνιες προσαρμογές σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια**

Θεμελιώδης, με πληθώρα αποτελεσμάτων, έρευνα στη προσπάθεια για σύγκριση της διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης με τη συνεχή προπόνηση μέτριας έντασης σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια αποτέλεσε αυτή των Wisløff και συνεργατών (2007). Στην έρευνα συμπεριελήφθησαν 27 ασθενείς με σταθεροποιημένη μετεμφραγματική καρδιακή ανεπάρκεια, με μέσο όρο ηλικίας τα 75,5 έτη, κλάσμα εξώθησης αριστερής κοιλίας 29% και αρκετά χαμηλή  $VO_{2peak} = 13 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , οι οποίοι κατανεμήθηκαν τυχαία σε συνεχή (70%  $HR_{peak}$ ) ή διαλειμματική προπόνηση (95%  $HR_{peak}$ ) 3 φορές την εβδομάδα για 12 εβδομάδες ή σε ομάδα ελέγχου. Τα προπονητικά πρωτόκολλα ήταν τα ίδια με αυτά των Roghmo και συνεργατών (2004). Φάνηκε ότι η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης αύξησε σημαντικά περισσότερο, σε σύγκριση με τη συνεχή, την  $VO_{2peak}$  (46% έναντι 14%) και την ενεργειακή οικονομία, με το αναερόβιο κατώφλι όμως (ως ποσοστό της  $VO_{2peak}$ ) να αυξάνεται περισσότερο στην ομάδα συνεχούς προπόνησης. Οι μεγαλύτερες αυτές βελτιώσεις μετά τη διαλειμματική προπόνηση, πιθανότατα οφείλονταν στην βελτίωση της μιτοχονδριακής λειτουργίας, καθώς ο μιτοχονδριακός μεταγραφικός παράγοντας PGC-1<sup>a</sup>, κύριος υπεύθυνος για τη μιτοχονδριακή βιογένεση, αυξήθηκε σημαντικά (47%) μόνο μετά τη διαλειμματική προπόνηση, αλλά και από την μεγαλύτερη αύξηση (60%) στην επαναπρόσληψη του ασβεστίου από το σαρκοπλασματικό δίκτυο. Επιπλέον, η ΗΠΤ, σε αντίθεση με τη συνεχή που δεν είχε καμία επίδραση, επέφερε ανάστροφη αναδιαμόρφωση της αριστερής κοιλίας, μειώνοντας τη διαστολική διάμετρο της αριστερής κοιλίας κατά 12% και την συστολική διάμετρο κατά 15%, τον τελοδιαστολικό όγκο της αριστερής κοιλίας κατά 18% και τον τελοσυστολικό κατά 25%, ενώ μείωσε και το εγκεφαλικό νατριουρητικό πεπτίδιο (proBNP), δείκτη της υπερτροφίας και της σοβαρότητας της καρδιακής ανεπάρκειας, κατά 40%. Ως αποτέλεσμα παρατηρήθηκε βελτίωση της συστολικής λειτουργίας, όπως προκύπτει από την αύξηση του κλάσματος εξώθησης της αριστερής κοιλίας σε 35%, και της διαστολικής λειτουργίας. Η ενδοθηλιακή λειτουργία, η οποία αξιολογήθηκε μέσω της FMD, βελτιώθηκε σημαντικά περισσότερο με τη διαλειμματική προπόνηση και συσχετίστηκε και με μία αύξηση 15% της αντιοξειδωτικής κατάστασης (antioxidative status) και με μία μείωση 9% της LDL. Τέλος, η ποιότητα ζωής



(MacNew global score) βελτιώθηκε και με τις δύο προπονητικές παρεμβάσεις, ωστόσο η HIIT προκάλεσε σημαντικότερη βελτίωση.

Σε αντίθεση με τα παραπάνω ευρήματα υπέρ της διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης, έρχονται δύο, από τις πρώτες και αυτές, έρευνες ίδιας ερευνητικής ομάδας, στις οποίες όμως η διαλειμματική προπόνηση αποτελούνταν από πολύ μικρότερα διαστήματα υψηλότερης έντασης σε σύγκριση με την έρευνα των Wisløff και συνεργατών. Στην πρώτη έρευνα 29 ασθενείς με σταθεροποιημένη καρδιακή ανεπάρκεια κατανεμήθηκαν τυχαία είτε σε συνεχή προπόνηση στο 50% της PPO ή σε διαλειμματική, 30 δευτερόλεπτα στο 100% PPO εναλλασσόμενα με 30 δευτερόλεπτα διαλείμματος, για 40 λεπτά και τα δύο πρωτόκολλα, 3 φορές την εβδομάδα για 12 εβδομάδες (Dimopoulos et al., 2006). Φάνηκε ότι και τα δύο είδη προπόνησης αύξησαν σημαντικά την PPO, την  $VO_{2peak}$ , το αναερόβιο κατώφλι και την κλίση της καμπύλης κατανάλωσης του οξυγόνου ( $VO_2/t$ -slope). Ωστόσο, μόνο η συνεχής προπόνηση βελτίωσε σημαντικά την καρδιακή συχνότητα αποκατάστασης ένα λεπτό μετά τον τερματισμό της άσκησης ( $HR_{recovery1}$ ) κατά 61% και την χρονότροπη απάντηση στην άσκηση κατά 26%, δείκτες της παρασυμπαθητικής και συμπαθητικής δράσης, αντίστοιχα, και επομένως της λειτουργίας του αυτόνομου νευρικού συστήματος.

Η δεύτερη έρευνα συμπεριέλαβε 21 ασθενείς με σταθεροποιημένη καρδιακή ανεπάρκεια και ακολούθησε τον ίδιο πειραματικό σχεδιασμό με τα ίδια προπονητικά πρωτόκολλα με την προαναφερθείσα έρευνα. Η επίδραση των δύο τύπων προπόνησης στην  $VO_{2peak}$  και PPO δεν διέφερε σημαντικά. Επίσης, εξετάστηκαν οι διαφορές των δύο ειδών προπόνησης στην κινητική του οξυγόνου ( $O_2$  kinetics) κατά τη διάρκεια δοκιμασίας σταθερού έργου, διακρίνοντας δύο φάσεις, την πρώτη που αντανακλά τις κεντρικές-καρδιοαναπνευστικές αποκρίσεις της προπόνησης και τη δεύτερη φάση που αποτελεί δείκτη της οξειδωτικής ικανότητας του μυός. Η συνεχής φάνηκε να υπερτερεί, αφού μπορεί και τα δύο είδη προπόνησης να βελτίωσαν την πρώτη καρδιοαναπνευστική φάση αλλά μόνο η συνεχής προπόνηση βελτίωσε τη δεύτερη φάση (Roditis et al., 2007).

Άλλη έρευνα σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια και μειωμένο κλάσμα εξώθησης, η οποία περιλάμβανε και αυτή διαλειμματική προπόνηση με μικρά

διαστήματα, αλλά ήταν και μικρότερου όγκου σε σύγκριση με τη συνεχή, δεν έδειξε ότι η διαλειμματική προκαλεί σημαντικότερα οφέλη από τη συνεχή (Koufaki et al., 2014). Η προπονητική παρέμβαση διήρκεσε 24 εβδομάδες, από 3 φορές την εβδομάδα, και περιλάμβανε είτε ΗΠΤ, η οποία αποτελούνταν από 30 δευτερόλεπτα στο 100% της PPO ακολουθούμενα από 1 λεπτό ενεργητικού διαλείμματος στο 20%–30% της PPO, για 2 × 15 λεπτά, είτε συνεχή προπόνηση, αποτελούμενη από 3 × 7–10 λεπτά στο 40%–60%  $VO_{2peak}$ , η οποία όμως προοδευτικά έφτασε τα 40 λεπτά. Φάνηκε ότι οι δύο τύποι προπόνησης προκάλεσαν παρόμοιες βελτιώσεις στην  $VO_{2peak}$  και στην λειτουργική ικανότητα των συμμετεχόντων, χωρίς όμως να προκαλούν κάποια επίδραση στη μεταβλητότητα καρδιακής συχνότητας (HRV), δείκτη της αυτόνομης λειτουργίας της καρδιάς, και στη ποιότητα ζωής. Ωστόσο, τονίζεται ότι η διαλειμματική προπόνηση προκάλεσε παρόμοιες βελτιώσεις με τη συνεχή ούσα ταυτοχρόνως μικρότερου συνολικού όγκου και μικρότερης διάρκειας.

Παρόμοια αποτελέσματα μεταξύ διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης και συνεχούς προπόνησης μέτριας έντασης έδειξε και προπονητική παρέμβαση 12 εβδομάδων, από 2 φορές την εβδομάδα, σε 20 ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια και μειωμένο κλάσμα εξώθησης (Benda et al., 2015). Η ΗΠΤ αποτελούνταν από 10 επαναλήψεις του ενός λεπτού στο 90% της PPO εναλλασσόμενο από 2,5 λεπτά στο 30% της PPO, ενώ η συνεχής από 30 λεπτά στο 60–75% της PPO. Οι δύο μορφές προπόνησης προκάλεσαν παρόμοιες βελτιώσεις της μέγιστης παραγόμενης ισχύος, της  $VO_{2peak}$ , ως ποσοστό της προβλεπόμενης (με βάση τις νόρμες)  $VO_{2peak}$ , της  $VO_2$  στο αναερόβιο κατώφλι και του μέγιστου παλμού  $O_2$ , ενώ καμία από τις δύο δεν επέφερε σημαντικές βελτιώσεις στην δομή και λειτουργία της καρδιάς και των αγγείων κατά την ηρεμία αλλά και στην ποιότητα ζωής.

Σημαντικές διαφορές στις καρδιοαναπνευστικές ( $VO_{2peak}$ , αναερόβιο κατώφλι, κλίση  $VE/VCO_2$ , αναπνευστικό πηλίκο στην  $VO_{2peak}$ , καρδιακή παροχή και κλάσμα εξώθησης ηρεμίας) αλλά και μεταβολικές προσαρμογές (γλυκόζη νηστείας, τριγλυκερίδια, ολική χοληστερόλη, HDL, LDL, HOMA-IR) διαλειμματικής (4 × 4 λεπτά στο 75–80% HRR με 3 λεπτά διάλειμμα στο 45–50% HRR) και συνεχούς προπόνησης (30–45 λεπτά στο 45–60% HRR) ίδιου όγκου δεν φάνηκαν να υπάρχουν ούτε σε πρόγραμμα 12 εβδομάδων σε 20 ασθενείς με

μετεμφραγματική καρδιακή ανεπάρκεια (Iellamo et al., 2013). Σε άλλη έρευνα με 36 συμμετέχοντες, στην οποία ακολουθήθηκαν τα ίδια προπονητικά πρωτόκολλα, συγκρίθηκαν οι δύο τύποι προπόνησης, κυρίως ως προς το προφίλ της αρτηριακής πίεσης κατά τη διάρκεια ενός εικοσιτετράωρου και ως προς την ινσουλινοαντίσταση. Η ΗΠΤ σε σχέση με τη συνεχή μείωσε σημαντικά περισσότερο τον δείκτη HOMA-IR (-27.3 έναντι -16.9 %) και επομένως την ινσουλινοαντίσταση, ενώ η αρτηριακή πίεση κατά τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου μειώθηκε παρόμοια και στις δύο ομάδες, με εξαίρεση την ημερήσια διαστολική πίεση που μειώθηκε περισσότερο με τη ΗΠΤ (Iellamo et al., 2014).

Σε άλλη έρευνα στην οποία 26 ασθενείς με χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια χωρίστηκαν σε διαλειμματική (διαστήματα των 30 δευτερολέπτων στο 80% της μέγιστης παραγόμενης ισχύος στο steep ramp test ακολουθούμενα από 1 λεπτό διάλειμμα) ή σε συνεχή προπόνηση (HR στο πρώτο αναπνευστικό κατώφλι) τα αποτελέσματα έδειξαν υπεροχή της διαλειμματικής προπόνησης (Freyssin et al., 2012). Η διαλειμματική προπόνηση σε αντίθεση με τη συνεχή, βελτίωσε σημαντικά την  $VO_{2peak}$  (27%), την διάρκεια της εργοδοκιμασίας (47%), τον παλμό  $O_2$  κατά τη μέγιστη προσπάθεια (18%) και την  $VO_2$  στο πρώτο αναπνευστικό κατώφλι (22%). Η απόσταση στην εξάλεπτη δοκιμασία βάρδισης αυξήθηκε σημαντικά και στις δύο ομάδες με την διαλειμματική όμως να επιφέρει ελαφρώς μεγαλύτερη, ενώ τα επίπεδα άγχους και κατάθλιψης μειώθηκαν παρόμοια και στις δύο ομάδες, χωρίς διαφορές μεταξύ τους.

Αντίστοιχη πολυπαραγοντική υπεροχή της διαλειμματικής προπόνησης έδειξε και έρευνα που συνέκρινε τις αναπνευστικές και αιμοδυναμικές προσαρμογές της διαλειμματικής και συνεχούς προπόνησης σε 45 ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια για 12 εβδομάδες, 3 φορές την εβδομάδα (Fu et al., 2013). Η διαλειμματική προπόνηση αποτελούνταν από 5 επαναλήψεις των 3 λεπτών στο 80%  $VO_{2peak}$  με ενδιάμεσα διαλείμματα 3 λεπτών στο 40%  $VO_{2peak}$  και η συνεχής από 30 λεπτά στο 60%  $VO_{2peak}$ . Σε αντίθεση με τη συνεχή προπόνηση στην οποία δεν παρατηρήθηκε κάποια σημαντική αλλαγή, η ΗΠΤ βελτίωσε σημαντικά τον ρυθμό παραγωγής έργου, τον πνευμονικό αερισμό (VE), την  $VO_2$  και  $VCO_2$ , τόσο στο αναπνευστικό

κατώφλι όσο και στη μέγιστη προσπάθεια. Επίσης, μόνο η ΗΠΤ βελτίωσε σημαντικά την αναπνευστική ικανότητα, αυξάνοντας την κλίση αποτελεσματικότητας πρόσληψης οξυγόνου (Oxygen Uptake Efficiency Slope, OUES) και μειώνοντας την κλίση του αναπνευστικού ισοδύναμου του διοξειδίου του άνθρακα ( $VE/VCO_2$  slope), καθώς και την καρδιαγγειακή λειτουργία, αυξάνοντας τον όγκο παλμού και μειώνοντας την συνολική περιφερική αντίσταση κατά την άσκηση και αυξάνοντας και το κλάσμα εξώθησης της αριστερής κοιλίας. Παράλληλα, όσον αφορά στις περιφερικές μεταβολικές προσαρμογές, μόνο η ΗΠΤ βελτίωσε σημαντικά την αιμάτωση του μετωπιαίου λοβού και του έξω πλατέος κατά τη διάρκεια της άσκησης (αυξάνοντας την μεταβολή των επιπέδων ολικής αιμοσφαιρίνης,  $\Delta$ [THb]) και την χρησιμοποίηση του οξυγόνου από τον έξω πλατύ (αυξάνοντας την μεταβολή των επιπέδων από-οξυγονωμένης αιμοσφαιρίνης,  $\Delta$ [HHb]). Τέλος, η ΗΠΤ και όχι η συνεχής προπόνηση μείωσε σημαντικά την οξειδωτική ένταση (stress) και τη φλεγμονή, μειώνοντας τα επίπεδα BNP, μυελοπεροξειδάσης (MPO) και ιντερλευκίνης-6 (IL-6), ενώ ταυτόχρονα βελτίωσε σημαντικά και τη γενική ποιότητα ζωής (Short Form-36 Health Survey questionnaire, SF-36) και τη σχετική με την νόσο ποιότητα ζωής (Minnesota Living with Heart Failure questionnaire, MLHFQ).

Παρόμοια αποτελέσματα υπέρ της διαλειμματικής προπόνησης έναντι τη συνεχούς παρήχθησαν σε έρευνα σε 19 ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια με φυσιολογικό κλάσμα εξώθησης (Angadi et al., 2015). Η προπονητική παρέμβαση διήρκησε 4 εβδομάδες, από 3 φορές την εβδομάδα, και περιλάμβανε είτε διαλειμματική προπόνηση αποτελούμενη από 4 επαναλήψεις των 4 λεπτών στο 85-90%  $HR_{peak}$  με ενδιάμεσα διαλείμματα των 3 λεπτών στο 50%  $HR_{peak}$ , είτε συνεχή αποτελούμενη από 30 λεπτά στο 70%  $HR_{peak}$ . Η ΗΠΤ αύξησε την  $VO_{2peak}$  κατά 9%, μείωσε τη διαστολική δυσλειτουργία της αριστερής κοιλίας κατά περίπου 1 βαθμό και είχε την τάση να μειώσει και τον δείκτη όγκου του αριστερού κόλπου (left atrial volume index), σε αντίθεση με τη συνεχή προπόνηση που δεν προκάλεσε σημαντικές αλλαγές.

Ιδιαίτερης βαρύτητας είναι τα αποτελέσματα μίας πρόσφατης πολυκεντρικής μελέτης με μεγάλο αριθμό ασθενών με μειωμένο κλάσμα εξώθησης ( $n = 261$ ), η

οποία δεν έδειξε να υπερέχει η διαλειμματική έναντι της συνεχούς προπόνησης στην βελτίωση της αερόβιας ικανότητας και την ανάστροφη αναδιαμόρφωση της αριστερής κοιλίας (Ellingsen et al., 2017). Η προπονητική παρέμβαση και τα προπονητικά πρωτόκολλα ήταν ίδια με αυτά της θεμελιώδους έρευνας των Roggmo και συνεργατών (2004), συνεχής προπόνηση στο 60-70%  $HR_{peak}$  ή διαλειμματική προπόνηση στο 90-95%  $HR_{peak}$ . Φάνηκε ότι η μείωση στην τελοδιαστολική διάμετρο της αριστερής κοιλίας ήταν παρόμοια μετά τη διαλειμματική και συνεχή προπόνηση, ενώ δεν υπήρχε και διαφορά μεταξύ τους στην βελτίωση της  $VO_{2peak}$ , γεγονός που πιθανότητα οφειλόταν στην αδυναμία των ασθενών που εκτελούσαν ΗΠΤ να διατηρήσουν την επιθυμητή ένταση. Όσον αφορά στα σοβαρά ανεπιθύμητα περιστατικά δεν φάνηκε σημαντική διαφορά μεταξύ διαλειμματικής και συνεχούς προπόνησης.

Τέλος, πρόσφατη έρευνα σε 31 ασθενείς με χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια, οι οποίοι κατανεμήθηκαν τυχαία σε ομάδες διαλειμματικής ή συνεχούς προπόνησης για 3,5 εβδομάδες έδειξε ότι η διαλειμματική ήταν σημαντικά ανώτερη όσον αφορά στη καρδιοαναπνευστική ευρωστία, καρδιακή λειτουργία και λειτουργία του αυτόνομου νευρικού συστήματος (Besnier et al., 2019). Η ΗΠΤ αποτελούνταν από δύο 8λεπτα μέρη, στα οποία εναλλάσσονταν 30 δευτερόλεπτα στο 100% της μέγιστης παραγόμενης ισχύος με 30 δευτερόλεπτα παθητικού διαλείμματος, με διάλειμμα 4 λεπτών μεταξύ των δύο μερών, ενώ η συνεχής από 30 λεπτά στο 60% της μέγιστης παραγόμενης ισχύος. Η ΗΠΤ αύξησε σημαντικά την μεταβλητότητα καρδιακής συχνότητας (HRV) και το κλάσμα εξώθησης, σε αντίθεση με τη συνεχή προπόνηση που δεν είχε κάποια επίδραση στις δύο αυτές παραμέτρους της αυτόνομης και καρδιακής λειτουργίας αντίστοιχα, ενώ και η  $VO_{2peak}$  αυξήθηκε περισσότερο με την ΗΠΤ (21%) σε σχέση με τη συνεχή (5%).

Τα αποτελέσματα των παραπάνω τυχαιοποιημένων μελετών έχουν αποτελέσει αντικείμενο διαφόρων ανασκοπήσεων και μετα-αναλύσεων (Πίνακας 2.2.). Μία μετα-ανάλυση των Haykowsky και συνεργατών, η οποία περιλάμβανε 7 μελέτες, συνέκρινε τη διαλειμματική με τη συνεχή προπόνηση ως προς την  $VO_{2peak}$  αλλά και το κλάσμα εξώθησης της αριστερής κοιλίας στην ηρεμία (2013). Η διαλειμματική προπόνηση φάνηκε να αυξάνει σημαντικά περισσότερο την  $VO_{2peak}$

σε σύγκριση με την συνεχή (σταθμισμένη μέση διαφορά, weighted mean difference  $2,14 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Ωστόσο, δεν φάνηκε το ίδιο και για το κλάσμα εξώθησης της αριστερής κοιλίας στην ηρεμία, αφού η διαφορά μεταξύ τους δεν ήταν σημαντική. Βέβαια αξίζει να σημειωθεί ότι σε κάποιες από τις συμπεριληφθείσες μελέτες η ένταση της διαλειμματικής προπόνησης δεν ήταν αμιγώς υψηλή αλλά μέτρια προς υψηλή.

Άλλη συστηματική ανασκόπηση και μετα-ανάλυση, τμήμα της οποίας ήταν και η σύγκριση της διαλειμματικής και συνεχούς προπόνησης, περιλαμβάνοντας 11 σχετικές έρευνες, έδειξε ότι η διαλειμματική προπόνηση βελτίωσε σημαντικά περισσότερο το κλάσμα εξώθησης της αριστερής κοιλίας και μείωσε σημαντικά περισσότερο τη τελοδιαστολική διάμετρο της αριστερής κοιλίας (Cornelis et al., 2016). Όσον αφορά στις παραμέτρους καρδιοαναπνευστικής ικανότητας και στην ποιότητα ζωής δεν φάνηκαν σημαντικές διαφορές. Συστηματική ανασκόπηση και μετα-ανάλυση 13 ερευνών, που περιλάμβαναν συνολικά 411 ασθενείς, παρήγαγε παρόμοια αποτελέσματα, αφού δεν φάνηκαν να υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ ΗΠΤ και συνεχούς στην κλίση  $VE/VCO_2$  και στην ποιότητα ζωής (Gomes Neto et al., 2018). Ωστόσο, η ΗΠΤ επέφερε μεγαλύτερη βελτίωση στην  $VO_{2\text{peak}}$  σε σύγκριση με τη συνεχή (σταθμισμένη μέση διαφορά  $1,35 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ), με τη διαφορά όμως να μην είναι σημαντική όταν έγινε υπο-ανάλυση ισοθερμικών πρωτοκόλλων.

Άλλη πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση και μετα-ανάλυση 7 μελετών έδειξε μεγαλύτερες βελτιώσεις της ΗΠΤ στη βελτίωση της  $VO_{2\text{peak}}$ , με χαμηλό όμως επίπεδο εμπιστοσύνης (GRADE), και στην ποιότητα ζωής και στο κλάσμα εξώθησης της αριστερής κοιλίας με μέτριο επίπεδο εμπιστοσύνης, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να στηριχθεί απόλυτα η υπεροχή της διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης έναντι της συνεχούς (Araújo et al., 2019). Τέλος, τμήμα μίας πρόσφατης μετα-ανάλυσης το οποίο εξέτασε τα αποτελέσματα τεσσάρων μελετών, έδειξε ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ διαλειμματικής και συνεχούς προπόνησης στη βελτίωση του κλάσματος εξώθησης, του τελοδιαστολικού και τελοσυστολικού όγκου της αριστερής κοιλίας και της  $VO_{2\text{peak}}$  (Tucker et al., 2019).

### 2.2.2.Οξείες αποκρίσεις σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια

Παρόμοια αποτελέσματα με αυτά που έδειξε για τη στεφανιαία νόσο παρήγαγε η ανασκόπηση των Guiraud και συνεργατών στη σύγκριση των οξειών αποκρίσεων στην διαλειμματική άσκηση υψηλής έντασης και στη συνεχή άσκηση μέτριας έντασης σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια (2012). Φάνηκε ότι γενικά η διαλειμματική άσκηση είναι ασφαλής, όπως και η συνεχής, ενώ είναι και πιο ανεκτή.

Έρευνα σε 20 ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια με μειωμένο κλάσμα εξώθησης συνέκρινε τις οξείες αποκρίσεις σε διαλειμματική και συνεχή άσκηση (Normandin et al., 2013). Τα δύο πρωτόκολλα ήταν ισοθερμικά, με την διαλειμματική άσκηση να αποτελείται από 2 λεπτά προθέρμανση στο 50% PPO, στη συνέχεια δύο σετ, μεταξύ των οποίων μεσολαβούσε διάλειμμα τεσσάρων λεπτών, από 10 λεπτά τα οποία συνίσταντο από εναλλαγές 15 δευτερολέπτων στο 100% PPO και 15 δευτερολέπτων παθητικού διαλείμματος και στο τέλος 1 λεπτό αποθεραπεία. Αντίθετα, η συνεχής αποτελείτο από 22 λεπτά στο 60% PPO, έτσι ώστε να είναι ισοθερμική με τη διαλειμματική. Οι καρδιοαναπνευστικές αποκρίσεις, καθώς και ο χρόνος που δαπανήθηκε σε ένταση μεγαλύτερη του 90%  $VO_{2peak}$ , δε διέφεραν μεταξύ των πρωτοκόλλων. Η αποδοτικότητα (ενεργειακή δαπάνη/διάρκεια προσπάθειας) της διαλειμματικής άσκησης ήταν μεγαλύτερη από αυτή της συνεχούς, όπως και η ανοχή, προσκόλληση στην άσκηση, αφού περισσότεροι συμμετέχοντες ολοκλήρωσαν τη διαλειμματική άσκηση (85%) σε σχέση με τη συνεχή (40%). Τέλος, κανένα από τα δύο προπονητικά πρωτόκολλα δεν προκάλεσε σοβαρές καρδιακές αρρυθμίες, αφύσικες μεταβολές της αρτηριακής πίεσης ή αυξήσεις στους βιοδείκτες τραυματισμού του μυοκαρδίου (τροπονίνης T, cTnT), ενδοθηλιακής δυσλειτουργίας (BNP) και φλεγμονής (C-αντιδρώσα πρωτεΐνη, CRP). Παρόμοια αποτελέσματα προέκυψαν από άλλη έρευνα με τα ίδια προπονητικά πρωτόκολλα με τις αιμοδυναμικές αποκρίσεις να είναι παρόμοιες μεταξύ της συνεχούς και διαλειμματικής άσκησης (Gayda et al., 2012).

Έρευνα που συνέκρινε τις καρδιακές αποκρίσεις 18 ασθενών με καρδιακή ανεπάρκεια σε διαλειμματική και συνεχή άσκηση, μέσω 24ωρης καταγραφής ηλεκτροκαρδιογραφήματος έδειξε υπεροχή της διαλειμματικής στη βελτίωση της λειτουργίας του παρασυμπαθητικού τόνου, μέσω του πνευμονογαστρικού νεύρου (Guiraud et al., 2013). Τα πρωτόκολλα διαλειμματικής και συνεχούς άσκησης ήταν τα ίδια με αυτά που περιεγράφηκαν παραπάνω. Η καρδιακή συχνότητα ηρεμίας μειώθηκε σημαντικά περισσότερο μετά τη διαλειμματική άσκηση σε σχέση με τη συνεχή (68 και 71 bpm, αντίστοιχα). Η HRV βελτιώθηκε σημαντικά περισσότερο μετά τη διαλειμματική άσκηση. Επίσης, μετά τη διαλειμματική άσκηση μειώθηκαν σημαντικά περισσότερο οι έκτακτες/πρώιμες κοιλιακές συστολές (premature ventricular contractions, PVCs).

### **2.3. Σύγκριση διαλειμματικής προπόνηση υψηλής έντασης και συνεχούς προπόνησης μέτριας έντασης σε ασθενείς με μεταμόσχευση καρδιάς**

Ειδική κατηγορία ασθενών είναι εκείνοι μετά από μεταμόσχευση καρδιάς. Η μεταμόσχευση καρδιάς αποτελεί την καλύτερη, θεμελιωμένη αντιμετώπιση της τελικού σταδίου καρδιακής ανεπάρκειας. Η σύγκριση της διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης με τη συνεχή προπόνηση μέτριας έντασης δεν έχει εξεταστεί σε τόσο μεγάλο βαθμό, με μόνο τρεις έρευνες να εντοπίζονται (Πίνακας 2.1.).

Έρευνα με εναλλαγή ομάδων (crossover) σε 16 ασθενείς με μεταμόσχευση καρδιάς ευρισκόμενοι σε σταθεροποιημένη κατάσταση (περισσότεροι από 12 μήνες μετά την μεταμόσχευση) και αρχική  $VO_{2peak}$   $22,9 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , οι οποίοι αρχικά χωρίστηκαν είτε σε διαλειμματική είτε σε συνεχή προπόνηση για 12 εβδομάδες από 3 φορές την εβδομάδα, στη συνέχεια μεσολάβησε περίοδος κατά την οποία δεν υπήρχε παρέμβαση προτού γίνει η εναλλαγή, έδειξε να υπερτερεί η διαλειμματική (Dall et al., 2014). Η ΗΠΤ ήταν συνολικής διάρκειας 30 λεπτών και αποτελούνταν από δύο 4-λεπτα, δύο 2-λεπτα και τέσσερα 1-λεπτα σε ένταση  $>80\%$   $VO_{2peak}$  με ενδιάμεσα 2-λεπτα διαλείμματα στο  $60\%$   $VO_{2peak}$ , ενώ η συνεχής αποτελείτο από 45 λεπτά στο  $60-70\%$   $VO_{2peak}$ . Φάνηκε ότι η ΗΠΤ αύξησε



σημαντικά περισσότερο την  $VO_{2peak}$ , και συγκεκριμένα κατά  $4,9 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (17%) σε σύγκριση με τη συνεχή που την αύξησε κατά  $2,6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (10%). Επίσης, η ΗΠΤ μείωσε σημαντικά την συστολική αρτηριακή πίεση κατά 5 mmHg και αύξησε σημαντικά την  $HR_{peak}$  κατά 4,3 παλμούς το λεπτό (bpm) καθώς και την HRR κατά 5,3 bpm, σε αντίθεση με την συνεχή που δεν επέφερε κάποια σημαντική επίδραση στις παραπάνω παραμέτρους. Η  $HR_{recovery}$  βελτιώθηκε και με τα δύο είδη προπόνησης, με την ΗΠΤ όμως να έχει μία τάση για μεγαλύτερη βελτίωση. Ωστόσο, οι πέντε μήνες κατά τους οποίους δεν υπήρξε προπονητική παρέμβαση είχαν ως αποτέλεσμα την αναστροφή και απώλεια των προσαρμογών.

Η συγκεκριμένη μελέτη συνέκρινε τα δύο είδη προπόνησης και ως προς άλλους, δευτερεύοντες παράγοντες, όπως η ενδοθηλιακή λειτουργία, η αρτηριακή σκληρότητα, διάφοροι βιοδείκτες, η σχετιζόμενη με την υγεία ποιότητα ζωής και οι δείκτες άγχους και κατάθλιψης (Dall et al., 2015). Δεν φάνηκε ούτε η ΗΠΤ ούτε η συνεχής προπόνηση να προκαλούν σημαντικές βελτιώσεις στην ενδοθηλιακή λειτουργία (δείκτης αντιδραστικής υπεραιμίας, RHI) και στην αρτηριακή σκληρότητα (δείκτης ενίσχυσης, AIx). Το ίδιο συνέβη και σε διάφορους βιοδείκτες, όπως ο παράγοντας νέκρωσης όγκων άλφα ( $TNF-\alpha$ ), η άλφα-1 όξινη γλυκοπρωτεΐνη, η γλυκόζη πλάσματος, η πρωτεΐνη YKL-40, η αδιπονεκτίνη, τα λιπίδια αίματος και η ευαισθησία στην ινσουλίνη (HOMA-IR), με εξαίρεση την IL-6 που αυξήθηκε σημαντικά με τη συνεχή προπόνηση και την ινσουλίνη που μειώθηκε σημαντικά με τη ΗΠΤ. Όσον αφορά στη σχετιζόμενη με την υγεία ποιότητα ζωής (HRQoL), που μετρήθηκε με το ερωτηματολόγιο SF-36, φάνηκε ότι η ΗΠΤ και η συνεχής προπόνηση επέφεραν παρόμοιες βελτιώσεις στη σωματική συνιστώσα της, χωρίς όμως να επιδρούν σημαντικά στην πνευματική. Τέλος, και οι δύο προπονητικές παρεμβάσεις μείωσαν τους δείκτες άγχους ( $HADS_{anxiety}$ ), όμως μόνο η ΗΠΤ μείωσε σημαντικά τον δείκτη κατάθλιψης ( $HADS_{depression}$ ). Επομένως, δεν υποστηρίζεται η υπεροχή της ΗΠΤ στις παραπάνω τουλάχιστον παραμέτρους.

Μεγάλης προσοχής χρήζει έρευνα σε 81 ασθενείς με πρόσφατη μεταμόσχευση καρδιάς, κατά μέσο όρο 11 εβδομάδες μετά, η οποία έδειξε να υπερτερεί η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης της συνεχούς στη βελτίωση της

$VO_{2peak}$ , του αναερόβιου κατώφλιού, της μέγιστης εκπνευστικής ροής και της μέγιστης ισοκινητικής μυϊκής δύναμης των εκτεινόντων του γονάτου (Nytrøen et al., 2019). Οι ασθενείς κατανεμήθηκαν είτε σε διαλειμματική προπόνηση, η οποία αποτελούταν από  $4 \times 4$  λεπτά στο 85–95%  $HR_{peak}$  (81–93%  $VO_{2peak}$  ή 16-18 RPE) ανάμεσα στα οποία παρεμβάλλονταν ενεργητικά διαλείμματα βάδισης για 3 λεπτά στο 60–70%  $HR_{peak}$  (11-13 RPE), είτε σε συνεχή που αποτελούταν από 25 λεπτά στο 60-80%  $HR_{peak}$  (12-15 RPE), για 9 μήνες από 2-3 φορές την εβδομάδα. Το κύριο εύρημα μετά τους 9 μήνες προπόνησης (περίπου ένας χρόνος μετά τη μεταμόσχευση) ήταν ότι η ΗΠΤ αύξησε σημαντικά περισσότερο την  $VO_{2peak}$  σε σχέση με τη συνεχή προπόνηση (25% και 15% αντίστοιχα) με τη μέση διαφορά να είναι  $1,8 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . Επίσης, η ΗΠΤ βελτίωσε σημαντικά περισσότερο το αναερόβιο κατώφλι (μέση διαφορά  $0,28 \text{ L/min}$ ), αύξησε σημαντικά τον παλμό  $O_2$  και την αρτηριοφλεβική διαφορά  $O_2$ , σε αντίθεση με τη συνεχή που δεν είχε κάποια σημαντική επίδραση, ενώ οδήγησε και σε υψηλότερη  $HR_{peak}$  σε σχέση με τη συνεχή. Η ΗΠΤ αύξησε σημαντικά περισσότερο και την μέγιστη ισοκινητική δύναμη των εκτεινόντων του γονάτου, και συγκεκριμένα κατά  $464 \text{ J}$  περισσότερα αλλά και την μέγιστη εκπνευστική ροή (peak expiratory flow), δείκτη της αναπνευστικής λειτουργίας, κατά 11% περισσότερο. Τέλος, φάνηκαν παρόμοιες βελτιώσεις στην σχετιζόμενη με την υγεία ποιότητα ζωής.

#### **2.4. Σύγκριση διαλειμματικής προπόνηση υψηλής έντασης και συνεχούς προπόνησης μέτριας έντασης συνολικά στις καρδιακές παθήσεις**

Αρκετές ανασκοπήσεις και μετα-ανάλυσεις έχουν συγκρίνει τη διαλειμματική και τη συνεχή προπόνηση γενικά σε καρδιοπαθείς και όχι σε επιμέρους ασθενείς με στεφανιαία νόσο ή καρδιακή ανεπάρκεια (Πίνακας 2.2.). Τα ευρήματα έρχονται σε συμφωνία με αυτά των επιμέρους μελετών, καταδεικνύοντας κατά κανόνα μία υπεροχή της ΗΠΤ.

Μετα-ανάλυση που περιλάμβανε 21 μελέτες και 736 ασθενείς με καρδιακές παθήσεις (στεφανιαία νόσος και καρδιακή ανεπάρκεια) έδειξε ότι η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης βελτιώνει πιο αποτελεσματικά την αερόβια ικανότητα

σε σύγκριση με τη συνεχή μέτριας έντασης (Xie et al., 2017). Συγκεκριμένα, η  $VO_{2peak}$  βελτιώθηκε με τη ΗΠΤ κατά  $1,76 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  περισσότερο σε σχέση με τη συνεχή, ενώ και στις υπο-αναλύσεις που έγιναν για τις δύο ομάδες παθήσεων, η ΗΠΤ φάνηκε να την αυξάνει κατά  $1,62 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  περισσότερο στους ασθενείς με στεφανιαία νόσο και κατά  $1,7 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  στους ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια. Παρόμοια, η ΗΠΤ αύξησε σημαντικά περισσότερο την πρόσληψη οξυγόνου ( $VO_2$ ) στο αναερόβιο κατώφλι,  $0,9 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  περισσότερο από τη συνεχή. Ωστόσο, δε φάνηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ ΗΠΤ και συνεχούς σε δευτερεύουσες παραμέτρους, όπως η  $HR_{peak}$ , ο μέγιστος πνευμονικός αερισμός, η κλίση  $VE/VCO_2$ , το αναπνευστικό πηλίκιο (RER), η σωματική μάζα, η αρτηριακή πίεση (διαστολική και συστολική), τα λιπίδια αίματος (HDL, LDL, τα τριγλυκερίδια, ολική χοληστερόλη), η FMD και το κλάσμα εξώθησης.

Παρόμοια αποτελέσματα παρήγαγε και μία συστηματική ανασκόπηση και μετα-ανάλυση των Patten και συνεργατών, η οποία περιλάμβανε 24 μελέτες και 1.080 ασθενείς με στεφανιαία νόσο ή/και καρδιακή ανεπάρκεια (2018). Το κύριο εύρημα ήταν η διαλειμματική προπόνηση αύξησε σημαντικά περισσότερο την  $VO_{2peak}$  σε σύγκριση με τη συνεχή, τόσο στο σύνολο των ασθενών ( $1,4 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  περισσότερο) όσο και στις υποομάδες των ασθενών με στεφανιαία νόσο ( $1,25 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  περισσότερο) και των ασθενών με καρδιακή ανεπάρκεια με μειωμένο κλάσμα εξώθησης ( $1,46 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  περισσότερο). Αξίζει να σημειωθεί ότι σε υπο-ανάλυση που έγινε, φάνηκε ότι οι μελέτες με μεγάλο αριθμό συμμετεχόντων (περισσότεροι από 50 σε κάθε ομάδα) έδειξαν σημαντικά μικρότερες διαφορές μεταξύ ΗΠΤ και συνεχούς προπόνησης σε σύγκριση με μελέτες με μικρό αριθμό συμμετεχόντων (λιγότεροι από 20 σε κάθε ομάδα). Επίσης, άλλη υπο-ανάλυση έδειξε ότι σε μελέτες που περιλάμβαναν ισοθερμικά πρωτόκολλα η ΗΠΤ αύξησε σημαντικά περισσότερο την  $VO_{2peak}$  σε σύγκριση με τη συνεχή ( $2,08 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ), σε αντίθεση με τις άλλες που έδειξαν παρόμοιες βελτιώσεις μεταξύ των δύο προπονητικών πρωτοκόλλων.

Όσον αφορά στις δευτερεύουσες παραμέτρους που εξετάστηκαν στη συγκεκριμένη ανασκόπηση/μετα-ανάλυση, η ΗΠΤ αύξησε σημαντικά περισσότερο σε σχέση με τη συνεχή το πρώτο αναπνευστικό κατώφλι ( $0,88 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) και

την  $HR_{peak}$  (3,78 παλμοί το λεπτό). Επίσης, είχε την τάση (στατιστικά μη-σημαντική) να αυξήσει περισσότερο τον παλμό  $O_2$ , την OUES, το κλάσμα εξώθησης της αριστερής κοιλίας και τη FMD, ενώ για άλλες καρδιοαναπνευστικές παραμέτρους (πχ, κλίση  $VE/VCO_2$ ), παράγοντες καρδιαγγειακού κινδύνου (πχ. λιπίδια αίματος) και την ποιότητα ζωής οι επιδράσεις της ΗΠΤ και της συνεχούς ήταν παρόμοιες. Τέλος, όσον αφορά στην ασφάλεια δεν παρατηρήθηκαν μεγάλες διαφορές μεταξύ ΗΠΤ και συνεχούς, αφού συνολικά καταγράφηκαν δύο ανεπιθύμητα περιστατικά στις ομάδες συνεχούς προπόνησης και τέσσερα στις ομάδες ΗΠΤ (Wisløff et al., 2007; Koufaki et al., 2014; Ellingsen et al., 2017).

Κάποιες συστηματικές ανασκοπήσεις και μετα-αναλύσεις έχουν εξετάσει συνολικά τις καρδιομεταβολικές παθήσεις, συμπεριλαμβάνοντας, στις υπό ανάλυση μελέτες, και τις έρευνες σε ασθενείς με μεταβολικές παθήσεις. Αυτή η συμπερίληψη ίσως να οφείλεται στην υψηλή συγγένεια, συσχέτιση και αλληλεπίδραση των καρδιακών παθήσεων με μεταβολικές παθήσεις, όπως ο σακχαρώδης διαβήτης ή το μεταβολικό σύνδρομο.

Μία μετα-ανάλυση 6 μελετών με συνολικά 153 ασθενείς με καρδιομεταβολικές παθήσεις, οι οποίες περιλάμβαναν ισοθερμικά πρωτόκολλα διαλειμματικής και συνεχούς άσκησης έδειξε υπεροχή της διαλειμματικής (Hwang et al., 2011). Η ΗΠΤ βελτίωσε σημαντικά περισσότερο την  $VO_{2peak}$  (σταθμισμένη μέση διαφορά  $3,6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ), ενώ παρατηρήθηκαν παρόμοιες βελτιώσεις στους μεταβολικούς παράγοντες κινδύνου, όπως ο ΔΜΣ, η σωματική μάζα, η συστολική και διαστολική αρτηριακή πίεση, η HDL και τα τριγλυκερίδια, με εξαίρεση την γλυκόζη νηστείας που είχε την τάση να μειωθεί περισσότερο με την ΗΠΤ.

Σε άλλη συστηματική ανασκόπηση και μετα-ανάλυση, η οποία περιλάμβανε 10 μελέτες με 273 ασθενείς με καρδιομεταβολικές παθήσεις, η ΗΠΤ φάνηκε να αυξάνει την  $VO_{2peak}$  κατά  $3,03 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  ή 9,1% περισσότερο από τη συνεχή (Weston et al., 2014). Επίσης, επαναδιατυπώθηκαν τα ευρήματα των συμπεριλαμβανομένων μελετών, από τα οποία προκύπτει η υπεροχή της ΗΠΤ στην μείωση της διαστολικής και συστολικής αρτηριακής πίεσης, των τριγλυκεριδίων, της γλυκόζης νηστείας, της οξειδωτικής έντασης και φλεγμονής και της συνθάσης λιπαρών οξέων και στην αύξηση της HDL, της αδιπονεκτίνης, της ευαισθησίας

στην ινσουλίνη, της λειτουργίας των β-κυττάρων, του παράγοντα PGC-1<sup>α</sup>, του μέγιστου ρυθμού επαναπρόσληψης ασβεστίου, της διαθεσιμότητας μονοξειδίου του αζώτου, της καρδιακής λειτουργίας, της ευχαρίστησης και της ποιότητας ζωής.

Άλλη μετα-ανάλυση και συστηματική ανασκόπηση 7 μελετών σε 182 ασθενείς με καρδιομεταβολικές παθήσεις έδειξε ότι η ΗΠΤ ήταν σημαντικά πιο αποτελεσματική στην βελτίωση της αγγειακής λειτουργίας, όπως αυτή αποτυπώθηκε από την FMD (Ramos et al., 2015). Η ΗΠΤ αύξησε την FMD κατά 4,31%, ενώ η συνεχής προπόνηση κατά 2,15% με τη διαφορά μεταξύ τους να είναι 2,26%. Παράλληλα, επαναδιατυπώθηκε και η τάση της ΗΠΤ να βελτιώνει περισσότερο την καρδιοαναπνευστική ευρωστία, τους παράγοντες καρδιαγγειακού κινδύνου (πχ. αρτηριακή πίεση, λιπίδια αίματος, σωματικό λίπος), την ευαισθησία στην ινσουλίνη, την οξειδωτική ένταση και φλεγμονή και τον παράγοντα PGC-1<sup>α</sup>. Επίσης, η συγκεκριμένη συστηματική ανασκόπηση πρότεινε ως ιδανικό και πιο κατάλληλο για την προπόνηση ΗΠΤ το κλασικό πρωτόκολλο (4 × 4 λεπτά στο 85–95% της HR<sub>peak</sub>) των Roggmo και συνεργατών (2004).

Τα ευρήματα όλων των παραπάνω ανασκοπήσεων και μετα-αναλύσεων υποστηρίζουν την ασφάλεια και την υπεροχή (ή ισοδυναμία) της διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης έναντι της συνεχούς προπόνησης μέτριας έντασης σε ασθενείς με καρδιακές παθήσεις. Ωστόσο, απαιτείται προσοχή σε κάποιες ιδιαίτερες κατηγορίες ασθενών. Στον Πίνακα 2.3. παρουσιάζονται οι απόλυτες αντενδείξεις διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης. Το κατά πόσον όμως αυτές οι αντενδείξεις είναι απόλυτες, ή απλώς χρήζουν περαιτέρω μελέτης δεν είναι βέβαιο, καθώς για παράδειγμα η πρόσφατη έρευνα των Nytrøen και συνεργατών σε ασθενείς με πρόσφατη μεταμόσχευση καρδιάς, κατά μέσο όρο 11 εβδομάδες μετά, έδειξε ότι η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης ήταν εφικτή και ανώτερη της συνεχούς, χωρίς την παρουσία ανεπιθύμητων περιστατικών (2019).

**Πίνακας 2.3.** Απόλυτες αντενδείξεις για *HIIT* σε ασθενείς με στεφανιαία νόσο και για ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια (Τροποποιημένος από Gayda et al., 2016; Weston et al., 2014).

---

Ασταθής στηθάγχη

Πρόσφατο έμφραγμα του μυοκαρδίου ή στεφανιαία επαναγγείωση (< 4 εβδομάδες)

Μη αντιρροπούμενη καρδιακή ανεπάρκεια

Κατηγορία IV της NYHA

Βαλβιδική, συγγενής, ισχαιμική και υπερτροφική μυοκαρδιοπάθεια

Πρόσφατη μεταμόσχευση ή εισαγωγή στο νοσοκομείο (< 6 μήνες)

Βοηθητική συσκευή αριστερής κοιλίας

Βηματοδότης σταθερού ρυθμού

Μη ελεγχόμενες καρδιακές αρρυθμίες

Αορτική στένωση με παρουσία συμπτωμάτων

Μη ελεγχόμενη υπέρταση > 180/100 mm Hg

Μη ελεγχόμενος σακχαρώδης διαβήτης

Εγκεφαλοαγγειακή νόσος με παρουσία συμπτωμάτων (< 6 μήνες)

Σοβαρή δύσπνοια στην ηρεμία ή/και σοβαρά μειωμένη ανεκτικότητα στην άσκηση

Θρομβοφλεβίτιδα

Πρόσφατη εμβολή

Οξεία πνευμονική εμβολή ή οξύ πνευμονικό έμφραγμα

Οξεία μυοκαρδίτιδα ή περικαρδίτιδα, ενεργή ενδοκαρδίτιδα

Σοβαρή νευροπάθεια

Οξεία μη καρδιακή διαταραχή που μπορεί να επηρεάσει την απόδοση κατά την άσκηση ή να επιδεινωθεί με την άσκηση (πχ. μόλυνση, νεφρική ανεπάρκεια, θυρεοτοξίκωση)

---

### III. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της συγκεκριμένης βιβλιογραφικής ανασκόπησης ήταν η σύγκριση της αποτελεσματικότητας της διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης (HIIT) με αυτή της συνεχόμενης προπόνησης μέτριας έντασης σε ασθενείς με καρδιακές παθήσεις, όπως η στεφανιαία νόσος και η καρδιακή ανεπάρκεια. Διαπιστώθηκε ότι η HIIT είναι ανώτερη της συνεχούς προπόνησης μέτριας έντασης, κυρίως στη βελτίωση του σημαντικότερου παράγοντα επιβίωσης στους ασθενείς με καρδιακές παθήσεις, της  $VO_{2peak}$ , δείκτη της καρδιαγγειακής ευρωστίας του ατόμου. Επιπλέον, η HIIT φάνηκε να προκαλεί σημαντικότερα ή παρόμοια οφέλη και σε δευτερεύουσες καρδιοαναπνευστικές παραμέτρους, σε παράγοντες καρδιαγγειακού κινδύνου, στην ενδοθηλιακή λειτουργία και σε μία σειρά βιοδεικτών. Επίσης, παλαιότεροι ενδοιασμοί και ισχυρισμοί σχετικά με την επικινδυνότητα της HIIT σε ασθενείς με καρδιακές παθήσεις δεν επιβεβαιώθηκαν, αφού και οι οξείες αποκρίσεις και η μακροπρόθεσμη συμμετοχή σε προγράμματα HIIT, έδειξε ότι η HIIT είναι ασφαλής, σε παρόμοιο βαθμό με την συνεχή προπόνηση μέτριας έντασης.

Στους ασθενείς με στεφανιαία νόσο η πλειοψηφία των μελετών έδειξε ότι η HIIT αυξάνει σημαντικά περισσότερο την  $VO_{2peak}$  από τη συνεχή προπόνηση μέτριας έντασης, ενώ στις υπόλοιπες παρατηρήθηκε παρόμοια βελτίωση. Μεγαλύτερη σαφήνεια στην επίδραση των δύο ειδών προπόνησης στην  $VO_{2peak}$  έδωσαν πέντε μετα-αναλύσεις στις οποίες η υπεροχή της HIIT κυμαινόταν από 1,3 έως 1,78  $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  (1,6, 1,53, 1,78 και 1,3  $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) με εξαίρεση μία στην οποία η τυποποιημένη μέση διαφορά ήταν 0,34  $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  (Pattyn et al., 2014; Elliott et al., 2015; Liou et al., 2016; Gomes-Neto et al., 2017; Hannan et al., 2018). Όσον αφορά στις δευτερεύουσες παραμέτρους τα αποτελέσματα πολλές φορές ήταν αντιφατικά, ωστόσο σε κάθε περίπτωση φάνηκε να βελτιώνονται περισσότερο με την HIIT καρδιοαναπνευστικοί παράγοντες, όπως το αναερόβιο κατώφλι, η αναερόβια ανοχή και ο παλμός  $O_2$ , η καρδιακή συχνότητα αποκατάστασης ( $HR_{recovery}$ ), η ενεργειακή οικονομία, η καρδιακή λειτουργία (δομή και λειτουργία

αριστερής κοιλίας, πχ. πρώιμος διαστολικός ρυθμός μυοκαρδιακής χάλασης) , η αγγειακή και ενδοθηλιακή λειτουργία (βελτίωση ή διατήρηση των παραγόντων παραγωγής μονοξειδίου του αζώτου, όπως η νορεπινεφρίνη, eNOS και η εξωκυττάρια υπεροξειδική δισμουτάση), ενώ άλλοι παράγοντες φάνηκαν να βελτιώνονται παρόμοια (πχ. καρδιομεταβολικοί παράγοντες). Ως προς την ασφάλεια, η ΗΠΤ φάνηκε να είναι ασφαλής σε παρόμοιο βαθμό με την συνεχή προπόνηση μέτριας έντασης, με τους παράγοντες ενδοθηλιακής και καρδιακής βλάβης να μην μεταβάλλονται επικίνδυνα, ενώ και τα ανεπιθύμητα περιστατικά εμφανίστηκαν σε παρόμοιο, πολύ μικρό βαθμό και στα δύο είδη προπόνησης. Τέλος, η ΗΠΤ παρουσιάστηκε και ως πιο ανεκτή και ευχάριστη στους ασθενείς με στεφανιαία νόσο, προοικονομώντας μία μακροχρόνια μεγαλύτερη προσκόλληση στην άσκηση.

Παρόμοια αποτελέσματα παρήγαγαν και οι μελέτες σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια, ωστόσο αυτά ήταν περισσότερο αμφίσημα σε σχέση με τη στεφανιαία νόσο. Ενώ σε αρκετές μελέτες φάνηκε να βελτιώνεται σημαντικά περισσότερο η  $VO_{2peak}$  με την ΗΠΤ, ένας σημαντικός αριθμός μελετών έδειξε παρόμοια βελτίωση. Πέντε μετα-αναλύσεις εξέτασαν συνολικά όλα τα ευρήματα με δύο εκ αυτών να δείχνουν σημαντική υπεροχή της ΗΠΤ (2,14 και 1,35 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>), μία να δείχνει μεγαλύτερη αύξηση με τη ΗΠΤ, χωρίς την παραγωγή συγκεκριμένης διαφοράς και δύο να μη δείχνουν σημαντική διαφορά μεταξύ ΗΠΤ και συνεχούς (Haykowsky et al., 2013; Cornelis et al., 2016; Gomes Neto et al., 2018; Araújo et al., 2019; Tucker et al., 2019). Επίσης, αμφίσημα ήταν και τα αποτελέσματα της σύγκρισης ως προς άλλους παράγοντες, όπως το κλάσμα εξώθησης της αριστερής κοιλίας (ανάστροφη αναδιαμόρφωση αριστερής κοιλίας), οι καρδιοαναπνευστικοί και μεταβολικοί παράμετροι, οι βιοδείκτες οξειδωτικής έντασης και φλεγμονής, η ενδοθηλιακή λειτουργία και η ποιότητα ζωής, με τη ΗΠΤ όμως σε κάθε περίπτωση να προκαλεί παρόμοιες ή και καλύτερες προσαρμογές. Από τις πέντε μετα-αναλύσεις μόνο η μία έδειξε να βελτιώνεται σημαντικά περισσότερο με τη ΗΠΤ το κλάσμα εξώθησης και να προκαλείται γενικότερα σημαντικότερη ανάστροφη αναδιαμόρφωση της αριστερής κοιλίας, ενώ η ποιότητα ζωής φάνηκε να βελτιώνεται παρόμοια. Όπως



και στους ασθενείς με στεφανιαία νόσο, η ΗΠΤ σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια είναι ασφαλής και πιο ανεκτή από τη συνεχή.

Οι ασθενείς μετά από μεταμόσχευση καρδιάς, αποτελούν ομάδα ιδιαίτερα υψηλού κινδύνου, με μικρό αριθμό μελετών να έχει συγκρίνει τη ΗΠΤ με τη συνεχή προπόνηση μέτριας έντασης. Ωστόσο, αυτό το μικρό δείγμα έδειξε ότι η ΗΠΤ υπερέχει, καθώς ήταν πιο αποτελεσματική στην αύξηση της  $VO_{2peak}$  από τη συνεχή, αφού την αύξησε κατά  $2,3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  και  $1,8 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  περισσότερο στις δύο μελέτες που εξετάστηκαν οι διαφορές. Επίσης, φάνηκε ότι η ΗΠΤ μειώνει σημαντικά περισσότερο την συστολική αρτηριακή πίεση, ενώ βελτιώνει σημαντικά περισσότερο την  $HR_{peak}$ , την  $HRR$ , το αναερόβιο κατώφλι, την μέγιστη εκπνευστική ροή και την μέγιστη ισοκινητική μυϊκή δύναμη των εκτεινόντων του γονάτου.

Τέλος, η σύγκριση της ΗΠΤ με τη συνεχή προπόνηση μέτριας έντασης συνολικά στους καρδιακούς ασθενείς έδειξε μία συνολική υπεροχή της ΗΠΤ. Σε δύο μετα-αναλύσεις που συνέκριναν τα δύο είδη προπόνησης συνολικά στους ασθενείς με στεφανιαία νόσο και καρδιακή ανεπάρκεια, η  $VO_{2peak}$  βελτιώθηκε με τη ΗΠΤ κατά  $1,76 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  και  $1,4 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  περισσότερο σε σχέση με τη συνεχή, αντίστοιχα (Xie et al., 2017; Pattyn et al., 2018). Σχετικά με τις δευτερεύουσες παραμέτρους, η ΗΠΤ φάνηκε να αυξάνει σημαντικά περισσότερο το αναερόβιο κατώφλι και το πρώτο αναπνευστικό κατώφλι, ενώ για τους υπόλοιπους παράγοντες τα αποτελέσματα δεν ήταν ξεκάθαρα, υποδηλώνοντας μάλλον παρόμοιες επιδράσεις. Η ασφάλεια της ΗΠΤ φάνηκε να είναι υψηλή και παρόμοια αυτής της συνεχούς προπόνησης μέτριας έντασης. Ακόμα μεγαλύτερα αποτελέσματα υπέρ της ΗΠΤ έδειξαν τρεις μετα-αναλύσεις σε ασθενείς με καρδιομεταβολικές παθήσεις. Στις δύο από αυτές στις οποίες εξετάστηκε, η  $VO_{2peak}$  βελτιώθηκε με τη ΗΠΤ κατά  $3,6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  και  $3,03 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  περισσότερο σε σχέση με τη συνεχή. Επίσης, φάνηκε σημαντικότερη βελτίωση της αγγειακής και ενδοθηλιακής λειτουργίας με τη ΗΠΤ σε σχέση με τη συνεχή.

Ανακεφαλαιώνοντας, η παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση έδειξε ότι η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης σε σύγκριση με την συνεχή άσκηση επιφέρει μεγαλύτερη βελτίωση της  $VO_{2peak}$  σε ασθενείς με καρδιακές παθήσεις,

χωρίς ταυτόχρονα να αυξάνει τον κίνδυνο για ανεπιθύμητα περιστατικά και ούσα πιο ανεκτή και ευχάριστη. Η μεγαλύτερη αυτή βελτίωση, η οποία ήταν συνήθως κατά προσέγγιση περίπου στο  $1,5 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , με αυξομειώσεις ανάλογα την έρευνα, αποτελεί σπουδαίο πλεονέκτημα της ΗΠΤ, αφού όπως αναφέρθηκε κάθε αύξηση  $1 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  στην  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  σχετίζεται με μια περίπου 15% μείωση του κινδύνου θανάτου, και άρα ο κίνδυνος θανάτου σε ασθενείς με καρδιακές παθήσεις είναι περίπου 22,5 % μικρότερος με την ΗΠΤ σε σχέση με τη συνεχή προπόνηση μέτριας έντασης. Όσον αφορά στις δευτερεύουσες καρδιοαναπνευστικές, μεταβολικές, ενδοθηλιακές και λοιπές παραμέτρους, τα αποτελέσματα δείχνουν μάλλον παρόμοιες ή μεγαλύτερες βελτιώσεις με την ΗΠΤ. Η ΗΠΤ, επομένως, μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο στην καρδιακή αποκατάσταση, συμπληρώνοντας ή και αντικαθιστώντας την συνεχή προπόνηση μέτριας έντασης, πάντα υπό την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχει κάποια απόλυτη αντένδειξη.

Όσον αφορά στα πρωτόκολλα διαλειμματικής άσκησης, παρουσιάστηκε μεγάλη ποικιλομορφία, με το κλασικό πρωτόκολλο των Rognmo και συνεργατών να παρουσιάζει υψηλή συχνότητα στις περιλαμβανόμενες μελέτες. Ωστόσο, το συγκεκριμένο πρωτόκολλο φαίνεται να είναι ιδιαίτερα δύσκολο έως και ανέφικτο να εφαρμοστεί στους ασθενείς με καρδιακές παθήσεις, καθώς συχνά δεν μπορούν να διατηρήσουν τη συγκεκριμένη ένταση (90-95%  $\text{HR}_{\text{peak}}$ ) για 4 λεπτά, ενώ παρατηρείται και υπεραερισμός (Conraads et al., 2015; Ellingsen et al., 2017). Απαιτείται, επομένως, περαιτέρω έρευνα για την εύρεση του ιδανικού πρωτοκόλλου διαλειμματικής άσκησης σε ασθενείς με καρδιακές παθήσεις.

#### IV. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Amundsen, B. H., Rognmo, Ø., Hatlen-Rebhan, G., & Slørdahl, S. A. (2008). High-intensity aerobic exercise improves diastolic function in coronary artery disease. *Scandinavian cardiovascular journal : SCJ*, *42*(2), 110–117.
- Angadi, S. S., Mookadam, F., Lee, C. D., Tucker, W. J., Haykowsky, M. J., & Gaesser, G. A. (2015). High-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous exercise training in heart failure with preserved ejection fraction: a pilot study. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, *119*(6), 753–758.
- Araújo, B., Leite, J. C., Fuzari, H., Pereira de Souza, R. J., Remígio, M. I., Dornelas de Andrade, A., Lima Campos, S., & Cunha Brandão, D. (2019). Influence of High-Intensity Interval Training Versus Continuous Training on Functional Capacity in Individuals With Heart Failure: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*, *39*(5), 293–298.
- Astrand, I., Astrand, P. O., Christensen, E. H., & Hedman, R. (1960). Intermittent muscular work. *Acta physiologica Scandinavica*, *48*, 448–453.
- Astrand, I., Astrand, P. O., Christensen, E. H., & Hedman, R. (1960). Myohemoglobin as an oxygen-store in man. *Acta physiologica Scandinavica*, *48*, 454–460.
- Bartlett, J. D., Close, G. L., MacLaren, D. P., Gregson, W., Drust, B., & Morton, J. P. (2011). High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: implications for exercise adherence. *Journal of sports sciences*, *29*(6), 547–553.
- Benda, N. M., Seeger, J. P., Stevens, G. G., Hijmans-Kersten, B. T., van Dijk, A. P., Bellersen, L., Lamfers, E. J., Hopman, M. T., & Thijssen, D. H. (2015). Effects of High-Intensity Interval Training versus Continuous Training on Physical Fitness, Cardiovascular Function and Quality of Life in Heart Failure Patients. *PloS one*, *10*(10), e0141256.

- Besnier, F., Labrunée, M., Richard, L., Faggianelli, F., Kerros, H., Soukarié, L., Bousquet, M., Garcia, J. L., Pathak, A., Gales, C., Guiraud, T., & Sénard, J. M. (2019). Short-term effects of a 3-week interval training program on heart rate variability in chronic heart failure. A randomised controlled trial. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, *62*(5), 321–328.
- Billat L. V. (2001). Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *31*(1), 13–31.
- Boidin, M., Gayda, M., Henri, C., Hayami, D., Trachsel, L. D., Besnier, F., Lalongé, J., Juneau, M., & Nigam, A. (2019). Effects of interval training on risk markers for arrhythmic death: a randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*, *33*(8), 1320–1330.
- Cardozo, G. G., Oliveira, R. B., & Farinatti, P. T. (2015). Effects of high intensity interval versus moderate continuous training on markers of ventilatory and cardiac efficiency in coronary heart disease patients. *TheScientificWorldJournal*, *2015*, 192479.
- Conraads, V. M., Pattyn, N., De Maeyer, C., Beckers, P. J., Coeckelberghs, E., Cornelissen, V. A., Denollet, J., Frederix, G., Goetschalckx, K., Hoymans, V. Y., Possemiers, N., Schepers, D., Shivalkar, B., Voigt, J. U., Van Craenenbroeck, E. M., & Vanhees, L. (2015). Aerobic interval training and continuous training equally improve aerobic exercise capacity in patients with coronary artery disease: the SAINTEX-CAD study. *International journal of cardiology*, *179*, 203–210.
- Cornelis, J., Beckers, P., Taeymans, J., Vrints, C., & Vissers, D. (2016). Comparing exercise training modalities in heart failure: A systematic review and meta-analysis. *International journal of cardiology*, *221*, 867–876.
- Cornish, A. K., Broadbent, S., & Cheema, B. S. (2011). Interval training for patients with coronary artery disease: a systematic review. *European journal of applied physiology*, *111*(4), 579–589.

- Currie, K. D., Dubberley, J. B., McKelvie, R. S., & MacDonald, M. J. (2013). Low-volume, high-intensity interval training in patients with CAD. *Medicine and science in sports and exercise*, *45*(8), 1436–1442.
- Dall, C. H., Gustafsson, F., Christensen, S. B., Dela, F., Langberg, H., & Prescott, E. (2015). Effect of moderate- versus high-intensity exercise on vascular function, biomarkers and quality of life in heart transplant recipients: A randomized, crossover trial. *The Journal of heart and lung transplantation : the official publication of the International Society for Heart Transplantation*, *34*(8), 1033–1041.
- Dall, C. H., Snoer, M., Christensen, S., Monk-Hansen, T., Frederiksen, M., Gustafsson, F., Langberg, H., & Prescott, E. (2014). Effect of high-intensity training versus moderate training on peak oxygen uptake and chronotropic response in heart transplant recipients: a randomized crossover trial. *American journal of transplantation : official journal of the American Society of Transplantation and the American Society of Transplant Surgeons*, *14*(10), 2391–2399.
- Dimopoulos, S., Anastasiou-Nana, M., Sakellariou, D., Drakos, S., Kapsimalakou, S., Maroulidis, G., Roditis, P., Papazachou, O., Vogiatzis, I., Roussos, C., & Nanas, S. (2006). Effects of exercise rehabilitation program on heart rate recovery in patients with chronic heart failure. *European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation : official journal of the European Society of Cardiology, Working Groups on Epidemiology & Prevention and Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology*, *13*(1), 67–73.
- Dun, Y., Thomas, R. J., Smith, J. R., Medina-Inojosa, J. R., Squires, R. W., Bonikowske, A. R., Huang, H., Liu, S., & Olson, T. P. (2019). High-intensity interval training improves metabolic syndrome and body composition in outpatient cardiac rehabilitation patients with myocardial infarction. *Cardiovascular diabetology*, *18*(1), 104.
- Ellingsen, Ø., Halle, M., Conraads, V., Støylen, A., Dalen, H., Delagardelle, C., Larsen, A. I., Hole, T., Mezzani, A., Van Craenenbroeck, E. M., Videm, V.,

- Beckers, P., Christle, J. W., Winzer, E., Mangner, N., Woitek, F., Höllriegel, R., Pressler, A., Monk-Hansen, T., ... SMARTEX Heart Failure Study (Study of Myocardial Recovery After Exercise Training in Heart Failure) Group (2017). High-intensity interval training in patients with heart failure with reduced ejection fraction. *Circulation*, *135*(9), 839–849.
- Elliott, A. D., Rajopadhyaya, K., Bentley, D. J., Beltrame, J. F., & Aromataris, E. C. (2015). Interval training versus continuous exercise in patients with coronary artery disease: a meta-analysis. *Heart, lung & circulation*, *24*(2), 149–157.
- Fletcher, G. F., Ades, P. A., Kligfield, P., Arena, R., Balady, G. J., Bittner, V. A., Coke, L. A., Fleg, J. L., Forman, D. E., Gerber, T. C., Gulati, M., Madan, K., Rhodes, J., Thompson, P. D., Williams, M. A., & American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee of the Council on Clinical Cardiology, Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism, Council on Cardiovascular and Stroke Nursing, and Council on Epidemiology and Prevention (2013). Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, *128*(8), 873–934.
- Freyssin, C., Verkindt, C., Prieur, F., Benaich, P., Maunier, S., & Blanc, P. (2012). Cardiac rehabilitation in chronic heart failure: effect of an 8-week, high-intensity interval training versus continuous training. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *93*(8), 1359–1364.
- Fu, T. C., Wang, C. H., Lin, P. S., Hsu, C. C., Cherng, W. J., Huang, S. C., Liu, M. H., Chiang, C. L., & Wang, J. S. (2013). Aerobic interval training improves oxygen uptake efficiency by enhancing cerebral and muscular hemodynamics in patients with heart failure. *International journal of cardiology*, *167*(1), 41–50.
- Gayda, M., Normandin, E., Meyer, P., Juneau, M., Haykowsky, M., & Nigam, A. (2012). Central hemodynamic responses during acute high-intensity interval exercise and moderate continuous exercise in patients with heart

- failure. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 37(6), 1171–1178.
- Gayda, M., Ribeiro, P. A., Juneau, M., & Nigam, A. (2016). Comparison of Different Forms of Exercise Training in Patients With Cardiac Disease: Where Does High-Intensity Interval Training Fit?. *The Canadian journal of cardiology*, 32(4), 485–494.
- Gibala, M. J., Little, J. P., Macdonald, M. J., & Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of physiology*, 590(5), 1077–1084.
- Gibala, M. J., & McGee, S. L. (2008). Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain?. *Exercise and sport sciences reviews*, 36(2), 58–63.
- Gomes Neto, M., Durães, A. R., Conceição, L., Saquetto, M. B., Ellingsen, Ø., & Carvalho, V. O. (2018). 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. *International journal of cardiology*, 261, 134–141.
- Gomes-Neto, M., Durães, A. R., Reis, H., Neves, V. R., Martinez, B. P., & Carvalho, V. O. (2017). 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*, 24(16), 1696–1707.
- Guiraud, T., Labrunee, M., Gaucher-Cazalis, K., Despas, F., Meyer, P., Bosquet, L., Gales, C., Vaccaro, A., Bousquet, M., Galinier, M., Sénard, J. M., & Pathak, A. (2013). High-intensity interval exercise improves vagal tone and decreases arrhythmias in chronic heart failure. *Medicine and science in sports and exercise*, 45(10), 1861–1867.
- Guiraud, T., Nigam, A., Gremeaux, V., Meyer, P., Juneau, M., & Bosquet, L. (2012). High-intensity interval training in cardiac rehabilitation. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 42(7), 587–605.

- Guiraud, T., Nigam, A., Juneau, M., Meyer, P., Gayda, M., & Bosquet, L. (2011). Acute Responses to High-Intensity Intermittent Exercise in CHD Patients. *Medicine and science in sports and exercise*, *43*(2), 211–217.
- Hannan, A. L., Hing, W., Simas, V., Climstein, M., Coombes, J. S., Jayasinghe, R., Byrnes, J., & Furness, J. (2018). High-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training within cardiac rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Open access journal of sports medicine*, *9*, 1–17.
- Haykowsky, M. J., Timmons, M. P., Kruger, C., McNeely, M., Taylor, D. A., & Clark, A. M. (2013). Meta-analysis of aerobic interval training on exercise capacity and systolic function in patients with heart failure and reduced ejection fractions. *The American journal of cardiology*, *111*(10), 1466–1469.
- Heber, S., Fischer, B., Sallaberger-Lehner, M., Hausharter, M., Ocenasek, H., Gleiss, A., Fischer, M., Pokan, R., Assinger, A., & Volf, I. (2020). Effects of high-intensity interval training on platelet function in cardiac rehabilitation: a randomised controlled trial. *Heart (British Cardiac Society)*, *106*(1), 69–79.
- Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjorth, N., Bach, R., & Hoff, J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO<sub>2</sub>max more than moderate training. *Medicine and science in sports and exercise*, *39*(4), 665–671.
- Hill, A. V., Long, C. N. H., & Lupton, H. (1924). Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilisation of oxygen.—Parts I-III. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character*, *96*(679), 438-475.
- Hussain, S. R., Macaluso, A., & Pearson, S. J. (2016). High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training in the Prevention/Management of Cardiovascular Disease. *Cardiology in review*, *24*(6), 273–281.
- Hwang, C. L., Wu, Y. T., & Chou, C. H. (2011). Effect of aerobic interval training on exercise capacity and metabolic risk factors in people with



- cardiometabolic disorders: a meta-analysis. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*, 31(6), 378–385.
- Iellamo, F., Caminiti, G., Sposato, B., Vitale, C., Massaro, M., Rosano, G., & Volterrani, M. (2014). Effect of High-Intensity interval training versus moderate continuous training on 24-h blood pressure profile and insulin resistance in patients with chronic heart failure. *Internal and emergency medicine*, 9(5), 547–552.
- Iellamo, F., Manzi, V., Caminiti, G., Vitale, C., Castagna, C., Massaro, M., Franchini, A., Rosano, G., & Volterrani, M. (2013). Matched dose interval and continuous exercise training induce similar cardiorespiratory and metabolic adaptations in patients with heart failure. *International journal of cardiology*, 167(6), 2561–2565.
- Jaureguizar, K. V., Vicente-Campos, D., Bautista, L. R., de la Peña, C. H., Gómez, M. J., Rueda, M. J., & Fernández Mahillo, I. (2016). Effect of high-intensity interval versus continuous exercise training on functional capacity and quality of life in patients with coronary artery disease: a randomized clinical trial. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*, 36(2), 96–105.
- Keteyian, S. J., Brawner, C. A., Savage, P. D., Ehrman, J. K., Schairer, J., Divine, G., Aldred, H., Ophaug, K., & Ades, P. A. (2008). Peak aerobic capacity predicts prognosis in patients with coronary heart disease. *American heart journal*, 156(2), 292–300.
- Keteyian, S. J., Hibner, B. A., Bronsteen, K., Kerrigan, D., Aldred, H. A., Reasons, L. M., Saval, M. A., Brawner, C. A., Schairer, J. R., Thompson, T. M., Hill, J., McCulloch, D., & Ehrman, J. K. (2014). Greater improvement in cardiorespiratory fitness using higher-intensity interval training in the standard cardiac rehabilitation setting. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*, 34(2), 98–105.
- Kodama, S., Saito, K., Tanaka, S., Maki, M., Yachi, Y., Asumi, M., Sugawara, A., Totsuka, K., Shimano, H., Ohashi, Y., Yamada, N., & Sone, H. (2009). Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and

- cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *JAMA*, *301*(19), 2024–2035.
- Koufaki, P., Mercer, T. H., George, K. P., & Nolan, J. (2014). 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. *Journal of rehabilitation medicine*, *46*(4), 348–356.
- Liou, K., Ho, S., Fildes, J., & Ooi, S. Y. (2016). High Intensity Interval versus Moderate Intensity Continuous Training in Patients with Coronary Artery Disease: A Meta-analysis of Physiological and Clinical Parameters. *Heart, lung & circulation*, *25*(2), 166–174.
- Lozano, R., Naghavi, M., Foreman, K., Lim, S., Shibuya, K., Aboyans, V., Abraham, J., Adair, T., Aggarwal, R., Ahn, S. Y., Alvarado, M., Anderson, H. R., Anderson, L. M., Andrews, K. G., Atkinson, C., Baddour, L. M., Barker-Collo, S., Bartels, D. H., Bell, M. L., ... Memish, Z. A. (2012). Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet (London, England)*, *380*(9859), 2095–2128.
- MacInnis, M. J., & Gibala, M. J. (2017). Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *The Journal of physiology*, *595*(9), 2915–2930.
- Mendis, S., Puska, P., Norrving, B., & World Health Organization. (2011). *Global atlas on cardiovascular disease prevention and control*. World Health Organization.
- Mezzani, A., Hamm, L. F., Jones, A. M., McBride, P. E., Moholdt, T., Stone, J. A., Urhausen, A., Williams, M. A., European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation, & Canadian Association of Cardiac Rehabilitation (2013). Aerobic exercise intensity assessment and prescription in cardiac rehabilitation: a joint position statement of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation and the Canadian Association

- of Cardiac Rehabilitation. *European journal of preventive cardiology*, 20(3), 442–467.
- Moholdt, T., Aamot, I. L., Granøien, I., Gjerde, L., Myklebust, G., Walderhaug, L., Brattbakk, L., Hole, T., Graven, T., Stølen, T. O., Amundsen, B. H., Mølmen-Hansen, H. E., Støylen, A., Wisløff, U., & Slørdahl, S. A. (2012). Aerobic interval training increases peak oxygen uptake more than usual care exercise training in myocardial infarction patients: a randomized controlled study. *Clinical rehabilitation*, 26(1), 33–44.
- Moholdt, T. T., Amundsen, B. H., Rustad, L. A., Wahba, A., Løvø, K. T., Gullikstad, L. R., Bye, A., Skogvoll, E., Wisløff, U., & Slørdahl, S. A. (2009). Aerobic interval training versus continuous moderate exercise after coronary artery bypass surgery: a randomized study of cardiovascular effects and quality of life. *American heart journal*, 158(6), 1031–1037.
- Normandin, E., Nigam, A., Meyer, P., Juneau, M., Guiraud, T., Bosquet, L., Mansour, A., & Gayda, M. (2013). Acute responses to intermittent and continuous exercise in heart failure patients. *The Canadian journal of cardiology*, 29(4), 466–471.
- Nytrøen, K., Rolid, K., Andreassen, A. K., Yardley, M., Gude, E., Dahle, D. O., Bjørkelund, E., Relbo Authen, A., Grov, I., Philip Wigh, J., Have Dall, C., Gustafsson, F., Karason, K., & Gullestad, L. (2019). Effect of High-Intensity Interval Training in De Novo Heart Transplant Recipients in Scandinavia. *Circulation*, 139(19), 2198–2211.
- Pattyn, N., Beckers, P. J., Cornelissen, V. A., Coeckelberghs, E., De Maeyer, C., Frederix, G., Goetschalckx, K., Possemiers, N., Schepers, D., Van Craenenbroeck, E. M., Wuyts, K., Conraads, V. M., & Vanhees, L. (2017). The effect of aerobic interval training and continuous training on exercise capacity and its determinants. *Acta cardiologica*, 72(3), 328–340.
- Pattyn, N., Beulque, R., & Cornelissen, V. (2018). 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 medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(5), 1189–1205.

- Pattyn, N., Coeckelberghs, E., Buys, R., Cornelissen, V. A., & Vanhees, L. (2014). Aerobic interval training vs. moderate continuous training in coronary artery disease patients: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *44*(5), 687–700.
- Pattyn, N., Vanhees, L., Cornelissen, V. A., Coeckelberghs, E., De Maeyer, C., Goetschalckx, K., Possemiers, N., Wuyts, K., Van Craenenbroeck, E. M., & Beckers, P. J. (2016). The long-term effects of a randomized trial comparing aerobic interval versus continuous training in coronary artery disease patients: 1-year data from the SAINTEX-CAD study. *European journal of preventive cardiology*, *23*(11), 1154–1164.
- Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Tjonna, A. E., Beetham, K. S., & Coombes, J. S. (2015). The impact of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on vascular function: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *45*(5), 679–692.
- Ribeiro, P., Boidin, M., Juneau, M., Nigam, A., & Gayda, M. (2017). High-intensity interval training in patients with coronary heart disease: Prescription models and perspectives. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, *60*(1), 50–57.
- Roditis, P., Dimopoulos, S., Sakellariou, D., Sarafoglou, S., Kaldara, E., Venetsanakos, J., Vogiatzis, J., Anastasiou-Nana, M., Roussos, C., & Nanas, S. (2007). The effects of exercise training on the kinetics of oxygen uptake in patients with chronic heart failure. *European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation : official journal of the European Society of Cardiology, Working Groups on Epidemiology & Prevention and Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology*, *14*(2), 304–311.
- Rognmo, Ø., Hetland, E., Helgerud, J., Hoff, J., & Slørdahl, S. A. (2004). High intensity aerobic interval exercise is superior to moderate intensity exercise for increasing aerobic capacity in patients with coronary artery disease. *European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation : official journal of the European Society of Cardiology, Working Groups on*

- Epidemiology & Prevention and Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology*, 11(3), 216–222.
- Rognmo, Ø., Moholdt, T., Bakken, H., Hole, T., Mølstad, P., Myhr, N. E., Grimsmo, J., & Wisløff, U. (2012). Cardiovascular risk of high- versus moderate-intensity aerobic exercise in coronary heart disease patients. *Circulation*, 126(12), 1436–1440.
- Sarvasti, D., Lalenoh, I., Oepangat, E., Purwowiyoto, B. S., Santoso, A., & Romdoni, R. (2020). Cardiovascular Protection Variables Based on Exercise Intensity in Stable Coronary Heart Disease Patients After Coronary Stenting: A Comparative Study. *Vascular health and risk management*, 16, 257–270.
- Smoldaka V. N. (1972). Use of the interval work capacity test in the evaluation of severely disabled patients. *Journal of chronic diseases*, 25(6), 345–352.
- Taylor, J. L., Holland, D. J., Mielke, G. I., Bailey, T. G., Johnson, N. A., Leveritt, M. D., Gomersall, S. R., Rowlands, A. V., Coombes, J. S., & Keating, S. E. (2020). Effect of High-Intensity Interval Training on Visceral and Liver Fat in Cardiac Rehabilitation: A Randomized Controlled Trial. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 28(7), 1245–1253.
- Thomakos, P., Geladas, N., Paschalis, V., Giannopoulou, I., Varouhakis, G., & Behrakis, P. (2020). Interval exercise induces milder respiratory responses compared to continuous exercise. *Journal of sports sciences*, 38(5), 576–581.
- Tschentscher, M., Eichinger, J., Egger, A., Droese, S., Schönfelder, M., & Niebauer, J. (2016). High-intensity interval training is not superior to other forms of endurance training during cardiac rehabilitation. *European journal of preventive cardiology*, 23(1), 14–20.
- Tucker, W. J., Beaudry, R. I., Liang, Y., Clark, A. M., Tomczak, C. R., Nelson, M. D., Ellingsen, O., & Haykowsky, M. J. (2019). Meta-analysis of Exercise Training on Left Ventricular Ejection Fraction in Heart Failure with Reduced Ejection Fraction: A 10-year Update. *Progress in cardiovascular diseases*, 62(2), 163–171.
- Van De Heyning, C. M., De Maeyer, C., Pattyn, N., Beckers, P. J., Cornelissen, V. A., Goetschalckx, K., Possemiers, N., Van Craenenbroeck, E. M., Voigt, J.

- U., Vanhees, L., & Shivalkar, B. (2018). Impact of aerobic interval training and continuous training on left ventricular geometry and function: a SAINTEX-CAD substudy. *International journal of cardiology*, 257, 193–198.
- Vanhees, L., Rauch, B., Piepoli, M., van Buuren, F., Takken, T., Börjesson, M., Bjarnason-Wehrens, B., Doherty, P., Dugmore, D., Halle, M., & Writing Group, EACPR (2012). Importance of characteristics and modalities of physical activity and exercise in the management of cardiovascular health in individuals with cardiovascular disease (Part III). *European journal of preventive cardiology*, 19(6), 1333–1356.
- Villelabeitia-Jaureguizar, K., Vicente-Campos, D., Berenguel Senen, A., Hernández Jiménez, V., Ruiz Bautista, L., Barrios Garrido-Lestache, M. E., & López Chicharro, J. (2019). Mechanical efficiency of high versus moderate intensity aerobic exercise in coronary heart disease patients: A randomized clinical trial. *Cardiology journal*, 26(2), 130–137.
- Villelabeitia-Jaureguizar, K., Vicente-Campos, D., Senen, A. B., Jiménez, V. H., Garrido-Lestache, M., & Chicharro, J. L. (2017). Effects of high-intensity interval versus continuous exercise training on post-exercise heart rate recovery in coronary heart-disease patients. *International journal of cardiology*, 244, 17–23.
- Warburton, D. E., McKenzie, D. C., Haykowsky, M. J., Taylor, A., Shoemaker, P., Ignaszewski, A. P., & Chan, S. Y. (2005). Effectiveness of high-intensity interval training for the rehabilitation of patients with coronary artery disease. *The American journal of cardiology*, 95(9), 1080–1084.
- Wehmeier, U. F., Schweitzer, A., Jansen, A., Probst, H., Grüter, S., Hähnchen, S., & Hilberg, T. (2020). Effects of high-intensity interval training in a three-week cardiovascular rehabilitation: a randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*, 34(5), 646–655.
- Weston, K. S., Wisløff, U., & Coombes, J. S. (2014). High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a

- systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 48(16), 1227–1234.
- World Health Organization. (2018). *Global Health Estimates 2016: Deaths by cause, age, sex, by country and by region, 2000-2016*.
- Wisløff, U., Ellingsen, Ø., & Kemi, O. J. (2009). High-intensity interval training to maximize cardiac benefits of exercise training?. *Exercise and sport sciences reviews*, 37(3), 139–146.
- Wisløff, U., Støylen, A., Loennechen, J. P., Bruvold, M., Rognum, Ø., Haram, P. M., Tjønnå, A. E., Helgerud, J., Slørdahl, S. A., Lee, S. J., Videm, V., Bye, A., Smith, G. L., Najjar, S. M., Ellingsen, Ø., & Skjaerpe, T. (2007). Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. *Circulation*, 115(24), 3086–3094.
- Xie, B., Yan, X., Cai, X., & Li, J. (2017). Effects of High-Intensity Interval Training on Aerobic Capacity in Cardiac Patients: A Systematic Review with Meta-Analysis. *BioMed research international*, 2017, 5420840.
- Ziaeiian, B., & Fonarow, G. C. (2016). Epidemiology and aetiology of heart failure. *Nature reviews. Cardiology*, 13(6), 368–378.