November & December 2023. Vol 22. No 5

Jundishapur
Scientific Medical Journal

Research Paper

Comparison of the Effects of Two Exercise Programs of High-intensity Interval Training and Moderate-intensity Continuous Training on Physiological Function of Heart Patients after Coronary Artery Bypass Graft Surgery

Hosein Askarinzhad[1], *Abdolhamid Habibi[2], Rouhollah Ranjbar[3], Seyed Mohamad Hasan Adel[4]

1. Master of Sport Physiology, Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
2. Professor of Sport Physiology, Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
3. Associate Professor of Sport Physiology, Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
4. Associate Professor of Atherosclerosis Research Center, Department of Cardiovascular, Faculty of Medicine, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Askarinzhad H, Habibi A, Ranjbar R, Adel S M H. [Comparison of the Effects of Two Exercise Programs of High-intensity Interval Training and Moderate-intensity Continuous Training on Physiological Function of Heart Patients after Coronary Artery Bypass Graft Surgery (Persian)]. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2023; 22(5):619-638. 10.32592/JSMJ.22.5.619

https://doi.org/10.32592/JSMJ.22.5.619

ABSTRACT

Background and Objectives Exercise-based cardiac rehabilitation (CR) programs increase physiological function. However, it is not yet clear which feature of exercise is most effective in improving important physiological performance indicators in heart patients. Therefore, this study aimed to compare the effects of high-intensity interval training (HIT) and moderate-intensity continuous training (MCT) on the metabolic equivalent of tasks (METs), submaximal myocardial oxygen consumption ($MVO_{2submax}$), and heart rate recovery (HRR) of heart patients after coronary artery bypass graft (CABG) surgery.

Subjects and Methods Twenty-four post-CABG patients (15 males and 9 females) with a mean age of 60.75 ± 3.16 years and a mean body mass index (BMI) of 28.40 ± 1.09 kg/m^2 were randomly divided into three groups of HIT, MCT, and control group (CG). The training groups (HIT and MCT) trained for eight weeks, three sessions per week, and 45 min per session. The research variables (METs, $MVO_{2submax}$, and HRR) were measured and compared in two stages before and after eight-weeks of CR programs.

Results After eight weeks of CR programs, patients in both training groups showed a significant improvement in METs, $MVO_{2submax}$, and HRR (P<0.05), and the HIT group showed significantly greater improvement in METs (P=0.001) and HRR (P=0.001) compared to the MCT group. Moreover, the MCT group showed a significantly more improvement in $MVO_{2submax}$ (P=0.001) than the HIT group. In addition, no cardiovascular adverse events related to HIT or MCT occurred during the implementation of the study.

Conclusion According to the results of the present study, HIT seems to be more effective than MCT in improving METs and HRR of post-CABG patients and is safe as well.

Keywords Cardiac Rehabilitation, Continuous Training, Coronary Artery Disease, Interval Training, Myocardial Infarction

Received: 30 May 2023
Accepted: 16 Dec 2023
Available Online: 19 Feb 2024

Corresponding Author:
Abdolhamid Habibi
Address: Department of Sports Physiology, Faculty of Sport Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
Tel: +989161184888
E-Mail: hamidhabibi330@gmail.com

Extended Abstract

Introduction

Coronary artery disease (CAD) is one of the most common causes of death worldwide, affecting 17.5 million people each year and killing 8.76 million [1]. Untimely, death from coronary heart disease (CHD) has increased by 28% over the past 20 years [2].

The first recommendation for controlling this illness is exercise. Exercise increases exercise capacity in terms of VO2peak or METs, and exercise capacity has been suggested as the best predictor of survival in cardiovascular (CV) patients [3]. Exercise capacity has been shown to be inversely related to mortality from CV disease [4], and exercise reduces cardiac mortality by 15-31% by increasing Peak oxygen consumption(VO2peak) or metabolic equivalent of tasks (METs) [5]. Aerobic exercise is recommended as a non-pharmacological treatment for patients with CAD [6].

An important tool for secondary prevention of CV diseases is the use of cardiac rehabilitation (CR) programs [5,10]. In general, CR includes training on lifestyle changes, psychological support, and supervised exercise programs [11]. A recent meta-analysis review shows that exercise-based CR programs reduce cardiac mortality by 20-26% compared to standard medical care [5].

Despite the fact that exercise has become a central element in CR programs, the amount, style, repetition (interval), and intensity of exercise that leaves the best results for heart patients is controversial [15]. In medicine, although exercise has often been suggested as an intervention that is beneficial to health, and moderate-intensity exercise has often been used to treat heart patients, the physiological adaptations of high-intensity exercise have been less studied [15]. The favorable results of high-intensity interval training (HIT) in reducing CV risk factors and CV mortality over the past decade have drawn the attention of sports medicine professionals to the use of HIT in CR programs [18,19]. The HIT includes high-intensity exercise courses (maximum intervals) intervals with passive or active rest periods of low to moderate intensity (recovery intervals) [20].

Methods

The present research design is semi-experimental. Patients with CAD, having developed acute myocardial infarction (AMI) and being treated with coronary artery bypass graft (CABG) surgery only 4-6 months after surgery, were identified and selected. The participants entered the research process after homogenizing in terms of age, gender, body mass index (BMI), body fat percentage, and meeting the inclusion criteria, including LVEF=30-40% and clinical evaluation [25,26]. This research was approved by the Ethics Committee of the Medicine Faculty of Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, complies with the declaration of Helsinki, and all patients signed a written consent before entering the research process.

Twenty-four post-CABG patients (15 males and 9 females) with a mean age of 60.75 ± 3.16 years and a mean BMI of 28.40 ± 1.09 kg/m2 were randomly divided into three groups of HIT, moderate-intensity continuous training (MCT), and control group (CG). The training groups (HIT and MCT) trained for eight weeks, three sessions per week, and 45 min per session. The research variables (METs, MVO2submax, and HRR) were measured and compared in two stages before and after eight weeks of CR programs. Figure 1 depicts the various stages of this study in a CONSORT flow diagram. This trial study met the criteria in the CONSORT checklist.

Cardiopulmonary exercise test (CPET), which involved running incrementally on a treadmill with a gradual increase in treadmill speed and incline, was specifically performed based on the Bruce protocol [7,28]. The HIT group training protocol included 10 minutes of warm-up with 50-70% heart rate reserve (HRR), four four-minutes running on the treadmill with 80-90% HRR, interval with three three-minutes active rest stages, including running on the treadmill with 50-70% HRR, and 10 minutes of cooling with 50-70% HRR [7,28]. The MCT group training protocol included 10 minutes of warm-up with 50-70% HRR, 25 minutes of continuous running on the treadmill with 70-80% HRR, and 10 minutes of cooling with 50-70% HRR [7,28].

Results

The mean and standard deviation of the basic characteristics of patients are displayed in Table 1. The results of the one-way ANOVA test showed no significant difference between any of the basic characteristics of patients in the three groups before CR programs (P>0.05), except for HR_{submax} (P=0.033); therefore, as presented in Table 1, patients in the three groups were homogeneous in terms of basic characteristics.

As seen in Table 2, the results of the ANCOVA test showed a significant difference between METs, $MVO_{2submax}$, and HRR of patients in the three groups after CR programs (P<0.05). As exhibited in Table 3, paired comparison of groups using Bonferroni's *post hoc* test showed that after eight weeks of each of the two HIT or MCT procedures, METs, $MVO_{2submax}$, and HRR of patients significantly improved compared to CG (P=0.001) also the results of Bonferroni's test showed a significant difference between METs (P=0.001), $MVO_{2submax}$ (P=0.001), and HRR (P=0.001) of patients in the HIT and MCT groups, which indicates a significant superiority of HIT over MCT in improving METs and HRR of patients, as well as a significant superiority of MCT over HIT in improving patients' $MVO_{2submax}$ (Table 3). Figures 2, 3, and 4 show changes in METs, $MVO_{2submax}$, and HRR of patients in the three groups before and after CR programs.

Jundishapur
Scientific Medical Journal

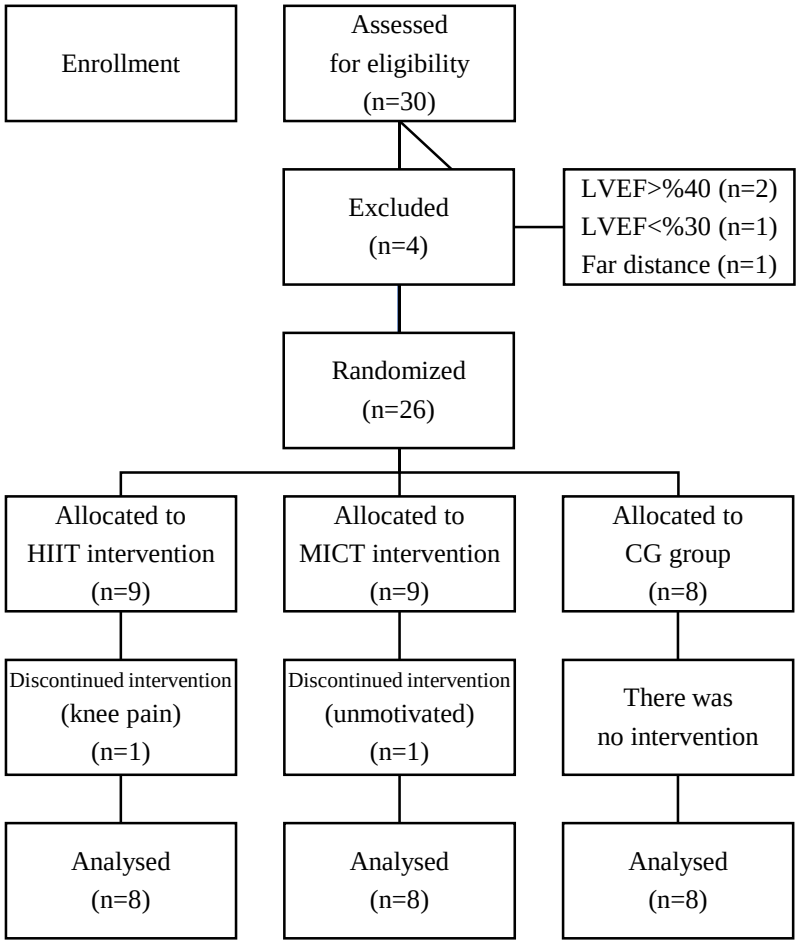


Figure 1. CONSORT flow diagram, showing the results of the patients' enrollment and randomization

Table 3. Paired comparison of groups after CR programs*

Physiological variables	HIT vs. CG				MCT vs. CG				HIT vs. MCT			
	HIT	CG	MD	P^{**}	MCT	CG	MD	P^{**}	HIT	MCT	MD	P^{**}
Exhaustion (min)	9.25 ±0.34	7.44 ±0.30	1.852	0.001	8.81 ±0.17	7.44 ±0.30	1.337	0.001	9.25 ±0.34	8.81 ±0.17	0.515	0.001[a]
VO_{2peak} ($mL.kg^{-1}.min^{-1}$)	31.13 ±1.32	24.55 ±1.01	6.717	0.001	29.43 ±0.67	24.55 ±1.01	4.757	0.001	31.13 ±1.32	29.43 ±0.67	1.960	0.001[a]
METs (kcal.kg.hour)	8.89 ±0.38	7.01 ±0.28	1.916	0.001	8.40 ±0.19	7.01 ±0.28	1.357	0.001	8.89 ±0.38	8.40 ±0.19	0.559	0.001[a]
HR_{submax} (bpm)	93.25 ±1.58	94.50 ±2.20	-3.083	0.001	89.25 ±1.58	94.50 ±2.20	-6.908	0.001	93.25 ±1.58	89.25 ±1.58	3.825	0.001[a]
SBP_{submax} (mmHg)	146.25 ±5.17	153.75 ±5.17	-5.767	0.012	142.50 ±4.62	153.75 ±5.17	-11.250	0.001	146.25 ±5.17	142.50 ±4.62	5.483	0.017[a]
$MVO_{2submax}$ (bpm.mmHg)	13643.12 ±675.63	14532.50 ±674.94	-1067.675	0.001	12718.12 ±468.64	14532.50 ±674.94	-2108.569	0.001	13643.12 ±675.63	12718.12 ±468.64	1040.895	0.001[a]
HR_{peak} (bpm)	111.87 ±3.79	110.62 ±4.80	0.921	0.322	110.87 ±5.81	110.62 ±4.80	0.579	0.907	111.87 ±3.79	110.87 ±5.81	0.343	0.999
HR_1 (bpm)	96.62 ±2.87	101.12 ±4.08	-4.759	0.001	97.62 ±5.70	101.12 ±4.08	-2.852	0.007	96.62 ±2.87	97.62 ±5.70	-1.907	0.095
HRR (bpm)	15.25 ±1.28	9.50 ±1.19	5.685	0.001	13.25 ±1.38	9.50 ±1.19	3.620	0.001	15.25 ±1.28	13.25 ±1.38	2.065	0.001[a]
LVEF (%)	36.00 ±3.11	34.87 ±3.44	0.630	0.397	35.62 ±3.33	34.87 ±3.44	0.503	0.673	36.00 ±3.11	35.62 ±3.33	0.128	0.999
LDL-c (mg/dl)	123.87 ±10.27	124.12 ±9.92	-0.729	0.341	124.00 ±10.01	124.12 ±9.92	-0.963	0.123	123.87 ±10.27	124.00 ±10.01	0.234	0.999

*Values are presented as mean ± standard deviation
**Resulted from Bonferroni's post hoc test
[a] HIT vs. MCT (P<0.05).
vs., versus; MD, mean difference

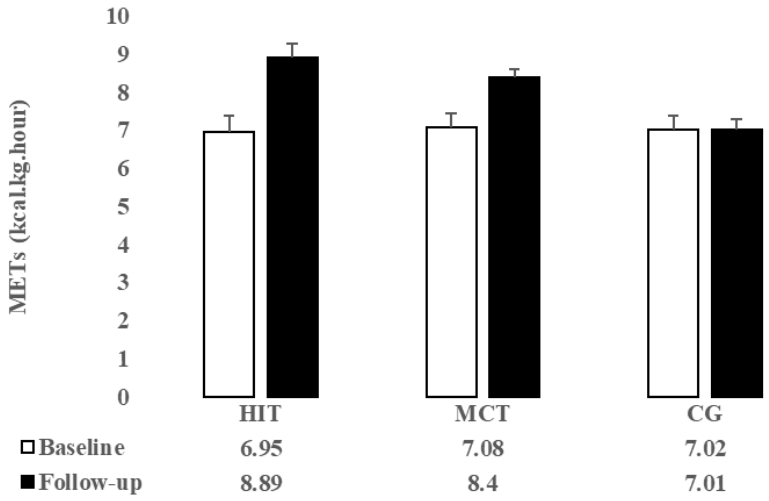


Figure 2. METs changes in the three groups before and after CR programs

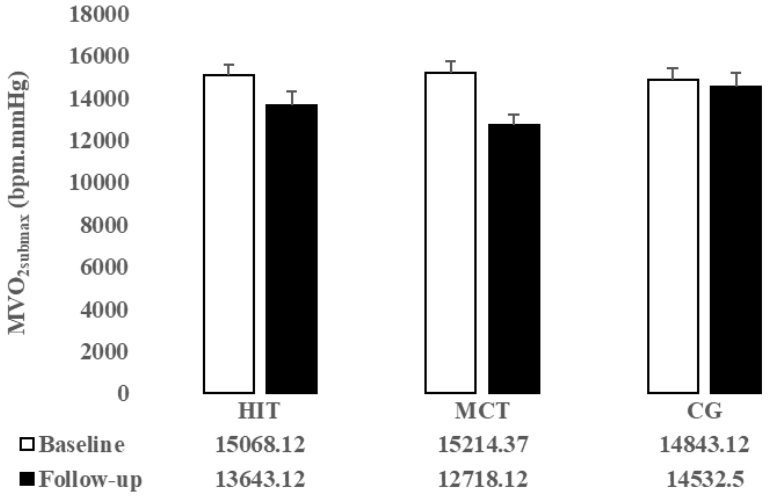


Figure 3. MVO2submax changes in the three groups before and after CR programs

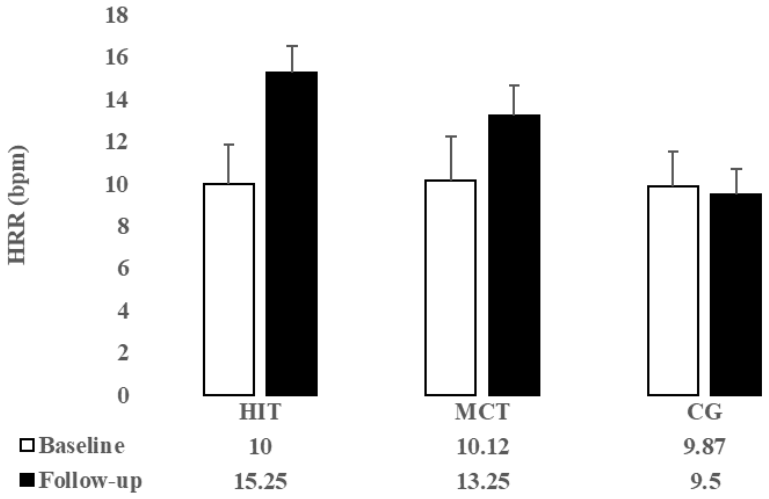


Figure 4. HRR changes in the three groups before and after CR programs

Jundishapur
Scientific Medical Journal

Conclusion

The results of the present study showed that the use of HIT in the CR programs of post-CABG patients in a controlled manner and with the method applied in this study caused no adverse events and compared to the conventional MCT, it caused further improvement in some physiological functional indicators including METs and HRR in these patients. Furthermore, because exercise capacity (METs) is known to be the best predictor of survival in heart patients and is inversely related to all causes of mortality in these patients, as well as due to the strong correlation of HRR with heart mortality, the choice of CR exercise programs that results in the greatest improvement in METs and HRR is important for these patients.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This research was approved by the Research Ethics Committee of Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz. All patients signed a written consent before entering the research process.

Funding

This research was done without financial support and its costs were borne by the researcher.

Authors contributions

All authors participated in all stages of the research and writing of the article.

Conflicts of interest

This article has no conflict of interest.

Acknowledgements

Thank you to the Research Vice-Chancellors of Shahid Chamran University, Faculty of Medicine of Jundishapur University of Medical Sciences and Imam Khomeini Hospital of Ahvaz. Also, thanks to the members of the cardiology department and the staff of the Cardiac Rehabilitation Center of Imam Khomeini Hospital who cooperated in all stages of the research.

مجله علمی پزشکی
جنـــدی شـــاپور

مقاله پژوهشی

مقایسه‌ی اثر دو برنامه‌ی تمرین ورزشی تناوبی با شدت بالا و تمرین ورزشی تداومی با شدت متوسط بر عملکرد فیزیولوژیکی بیماران قلبی بعد از جراحی پیوند بای‌پس شریان کرونری

حسین عسکری نژاد[۱]، *عبدالحمید حبیبی[۲]، روح الله رنجبر[۳]، سید محمد حسن عادل[۴]

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده‌ی علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۲. استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده‌ی علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۳. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده‌ی علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۴. دانشیار گروه مرکز تحقیقات آترواسکلروز، گروه قلب و عروق، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز، اهواز، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation Askarinzhad H, Habibi A, Ranjbar R, Adel S M H. [Comparison of the Effects of Two Exercise Programs of High-intensity Interval Training and Moderate-intensity Continuous Training on Physiological Function of Heart Patients after Coronary Artery Bypass Graft Surgery (Persian)]. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2023; 22(5):619-638. 10.32592/JSMJ.22.5.619

https://doi.org/10.32592/JSMJ.22.5.619

CC BY NC

چکیده

زمینه و هدف برنامه‌های ورزشی بازتوانی قلبی (CR) باعث افزایش عملکرد فیزیولوژیکی می‌شوند. بااین‌حال، هنوز مشخص نیست کدام ویژگی فعالیت ورزشی برای بهبود شاخص‌های مهم عملکردی فیزیولوژیک بیماران قلبی مؤثرتر است. بنابراین، هدف این مطالعه مقایسه‌ی تأثیر تمرین تناوبی با شدت بالا (HIT) و تمرین تداومی با شدت متوسط (MCT) بر معادل سوخت‌وسازی (METs)، تقاضای اکسیژن میوکارد زیربیشینه (MVO2submax) و ضربان قلب بازیافت (HRR) بیماران قلبی بعد از جراحی پیوند بای‌پس شریان کرونری (CABG) بود.

روش بررسی ۲۴ بیمار post-CABG (۱۵ مرد و ۹ زن) با میانگین سنی ۳/۱۶ ± ۶۰/۷۵ سال و میانگین شاخص توده‌ی بدن (BMI) ۱/۰۹ ± ۲۸/۴۰ کیلوگرم بر مترمربع به‌طور تصادفی، به سه گروه HIT، MCT و گروه کنترل (CG) تقسیم شدند. گروه‌های تمرین (HIT و MCT) به مدت هشت هفته، هفته‌ای سه جلسه و جلسه‌ای ۴۵ دقیقه ورزش کردند. متغیرهای تحقیق (METs، MVO2submax و HRR) در دو مرحله قبل و بعد از هشت هفته برنامه‌های CR اندازه‌گیری و مقایسه شدند.

یافته‌ها بعد از هشت هفته برنامه‌های CR، بیماران دو گروه تمرین بهبود معنی‌داری در METs، MVO2submax و HRR نشان دادند (P<۰/۰۵) و گروه HIT در مقایسه با گروه MCT به‌طور قابل توجهی بهبود بیشتری در METs (P=۰/۰۰۱) و HRR (P=۰/۰۰۱) نشان داد. به‌علاوه، گروه MCT در مقایسه با گروه HIT به‌طور قابل توجهی بهبود بیشتری در MVO2submax (P=۰/۰۰۱) نشان داد. همچنین، طی انجام مطالعه، هیچ حوادث ناگوار قلبی‌عروقی مرتبط با HIT یا MCT رخ نداد.

نتیجه گیری با توجه به نتایج مطالعه‌ی حاضر، به نظر می‌رسد که HIT نسبت به MCT برای بهبود METs و HRR بیماران post-CABG مؤثرتر و همچنین، ایمن است.

کلیدواژه‌ها تمرین تناوبی، تمرین تداومی، بیماری شریان کرونری، انفارکتوس میوکارد، بازتوانی قلبی

تاریخ دریافت: ۰۹ خرداد ۱۴۰۲
تاریخ پذیرش: ۲۵ آذر ۱۴۰۲
تاریخ انتشار: ۳۰ دی ۱۴۰۲

نویسنده مسئول:
عبدالحمید حبیبی
نشانی: اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده‌ی علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی.
تلفن: ۰۹۱۶۱۱۸۴۸۸۸
رایانامه: hamidhabibi330@gmail.com

مقدمه

بیماری شریان کرونری (CAD) یکی از علل شایع مرگ‌ومیر در سراسر جهان است که هرساله ۱۷/۵میلیون نفر را تحت تأثیر قرار می‌دهد و ۸/۷۶میلیون نفر را به کام مرگ می‌کشد [۱]. بیماری کرونری قلب (CHD) علت یکی از هر چهار مرگ‌ومیر در سراسر جهان است که در مقایسه با ۲۰ سال قبل که علت یکی از هر پنج مرگ‌ومیر بود، افزایش یافته است [۲]. طی ۲۰ سال گذشته، مرگ زودرس ناشی از CHD، ۲۸ درصد افزایش یافته است [۲]. اولین توصیه برای کنترل این بیماری فعالیت ورزشی است. فعالیت ورزشی ظرفیت ورزشی برحسب VO2peak یا METs را افزایش می‌دهد و ظرفیت ورزشی بهترین پیشگویی‌کننده‌ی بقا در بیمارن قلبی عروقی (CV) مطرح شده است [۳].

نشان داده شده است که ظرفیت ورزشی رابطه‌ی معکوسی با مرگ‌ومیر ناشی از بیماری‌های قلبی‌عروقی دارد [۴] و فعالیت ورزشی از طریق افزایش VO2peak یا METs مرگ‌ومیر قلبی را ۱۵ تا ۳۱ درصد کاهش می‌دهد [۵]. ورزش هوازی به‌عنوان درمانی غیردارویی برای بیماران مبتلا به CAD توصیه شده است [۶]. توافقی روبه‌رشد وجود دارد که فعالیت ورزشی آثار سودمندی روی بیماران CV، حتی آن‌هایی که به اختلال شدید عملکرد قلبی مبتلا هستند، دارد و عدم فعالیت بدنی شدت نارسایی قلبی (HF) را تسریع می‌کند [۷]. علاقه‌ی فزاینده‌ای برای توسعه‌ی درمان‌های غیردارویی که قادر به بهبود عملکرد قلب و عروق و کاهش خطر مرگ‌ومیر بیماران مبتلا به CAD هستند، وجود دارد [۸, ۹].

ابزاری مهم برای پیشگیری ثانویه از بیماری‌های قلبی‌عروقی استفاده از برنامه‌های بازتوانی قلبی (CR) است [۵, ۱۰]. به‌طور کلی، CR شامل آموزش تغییر سبک زندگی، حمایت روانی و برنامه‌های ورزشی نظارت‌شده است [۱۱]. هدف از این برنامه‌های ورزشی نظارت‌شده به‌عنوان بخشی از برنامه‌های CR بیماران قلبی در مطالعات گذشته، افزایش آمادگی هوازی، قدرت و استقامت عضلانی و انعطاف‌پذیری بیماران CV بوده است [۱۲, ۱۳]. بررسی فراتحلیلی اخیر نشان می‌دهد برنامه‌های ورزشی CR در مقایسه با مراقبت‌های پزشکی استاندارد، مرگ‌ومیر قلبی را ۲۰ تا ۲۶ درصد کاهش می‌دهد [۵]. تجویز برنامه‌های ورزشی CR که بتواند VO2peak یا METs بیماران CV را تا بیشترین حد افزایش دهد، می‌تواند تأثیر بیشتری در کاهش همه‌ی علل مرگ‌ومیر ناشی از بیماری‌های قلبی‌عروقی داشته باشد [۱۴]. بنابراین، ضرورت دارد فعالیت‌های ورزشی ایمن و مؤثرتر برای افزایش METs بیماران مبتلا به CAD شناسایی شوند و در برنامه‌های CR آن‌ها به کار روند.

با وجود این واقعیت که فعالیت ورزشی به عنصری مرکزی در برنامه‌های CR تبدیل شده است، مقدار، سبک، تکرار (تناوب) و شدت آن فعالیت ورزشی که بهترین نتایج را برای بیماران قلبی باقی می‌گذارد، بحث‌برانگیز است [۱۵]. در پزشکی به‌طور مکرر، فعالیت ورزشی مداخله‌ای که برای سلامتی سودمند است، مطرح شده است و اغلب، شدت متوسط فعالیت ورزشی برای درمان بیماران قلبی به کار گرفته شده است و سازگاری‌های فیزیولوژیکی فعالیت ورزشی با شدت بالا کمتر بررسی شده است [۱۵]. شدت فعالیت ورزشی با میزان بهبود ظرفیت ورزشی بیماران قلبی و همچنین، خطر عوارض جانبی در حین فعالیت ورزشی ارتباط مستقیمی دارد [۱۶, ۱۷].

نتایج مطلوب تمرین تناوبی با شدت بالا (HIT) در کاهش عوامل خطر CV و مرگ‌ومیر قلبی‌عروقی طی دهه‌ی گذشته، توجه متخصصان طب ورزش را برای استفاده از تمرینات HIT در برنامه‌های CR جلب کرده است [۱۸, ۱۹]. HIT شامل دوره‌های فعالیت ورزشی با شدت بالا (تناوب‌های بیشینه) و متناوب با دوره‌های استراحت غیرفعال یا فعال با شدت کم تا متوسط (تناوب‌های ریکاوری) است [۲۰]. HIT اغلب در فعالیت‌های ورزشی استفاده می‌شود و آثار سودمند آن بر سیستم قلبی‌تنفسی و عضلات اسکلتی، دانشمندان را برای آزمودن کاربرد بالینی آن در برنامه‌های CR بیماران CV هدایت کرده است [۲۱]. طی سال‌های اخیر، هدف مطالعات مروری ارزیابی سازگاری‌های قلب و سطح آمادگی هوازی بیماران CV ناشی از HIT در مقایسه با تمرین تداومی با شدت متوسط (MCT) رایج بوده است.

در بررسی فراتحلیلی هانان و همکاران ۲۰۱۸ [۱۴]، ۷۰ مطالعه شامل ۹۵۳ شرکت‌کننده (۴۶۵ بیمار در گروه HIT، و ۴۸۸ بیمار در گروه MCT) تجزیه‌وتحلیل شدند. آزمودنی‌های این مطالعات شامل چهار گروه بیماران مبتلا به بیماری شریان کرونری، انفارکتوس میوکارد، مداخله‌ی زیرپوستی کرونری و پیوند بای‌پس شریان کرونری بودند. نتایج این مطالعه نشان داد که HIT در مقایسه با MCT ظرفیت ورزشی بیماران قلبی را به‌طور درخور توجهی بیشتر بهبود داد [۱۴]. به‌علاوه، در هیچ‌یک از مطالعات، در حین فعالیت ورزشی، هیچ مرگ‌ومیر یا حوادث قلبی که نیاز به بستری شدن در بیمارستان باشد، رخ نداد [۱۴]. این موضوع می‌تواند منعکس‌کننده‌ی ایمنی استفاده از این دو پروتکل تمرینی در برنامه‌های CR بیماران قلبی باشد. در مطالعه‌ی کیم و همکاران ۲۰۱۵ [۷]، تأثیر شش هفته استفاده از تمرینات HIT و MCT در برنامه‌های CR بر بازتوانی بیماران مبتلا به انفارکتوس حاد میوکارد (AMI) که مداخله‌ی زیرپوستی کرونری (PCI) همراه با جایگذاری استنت دارویی (DES) انجام داده بودند، بررسی و مقایسه شد. نتایج این مطالعه نشان داد که شش هفته HIT یا MCT به‌طور معنی‌داری، ظرفیت ورزشی برحسب VO2peak، ضربان قلب بازیافت، سطوح سرمی LDL cholesterol و پروتئین واکنشی C با حساسیت بالای (hs-CRP) بیماران PCI همراه با جایگذاری DES را بهبود بخشید [۷]. بین دو گروه HIT و MCT تنها در متغیر ظرفیت ورزشی تفاوت قابل توجه بود. بهبود VO2peak در گروه HIT (۲۲/۱۶ درصد) نسبت به بهبود VO2peak در گروه MCT (۸/۴۸ درصد) به‌طور شایسته‌ی توجهی بیشتر بود [۷].

اطلاعات کمی درباره‌ی آثار قطعی و ایمنی HIT برای استفاده در

برنامه‌های CR بیماران مبتلا به بیماری شریان کرونری که دچار انفارکتوس حاد میوکارد شده‌اند و با جراحی پیوند بای‌پس شریان کرونری (CABG) درمان شده‌اند، وجود دارد. اغلب مطالعات گذشته HIT را مؤثرتر از MCT در بهبود ظرفیت ورزشی بیماران مبتلا به CHD یافته‌اند [۲۲-۲۴]. اما با توجه به اینکه بیشتر مطالعات انجام‌شده دارای گروه‌های بیمار ناهمگون مبتلا به بیماری‌های قلبی‌عروقی بودند، این سؤال برای محقق به وجود آمد که آیا استفاده از HIT در برنامه‌های CR به‌طور خاص برای بهبود بیماران مبتلا به CAD که دچار AMI شده‌اند و با جراحی CABG درمان شده‌اند و تنها چهار تا شش ماه از جراحی آن‌ها می‌گذرد و کسر تزریقی بطن چپ (LVEF) ۳۰ تا ۴۰ درصد دارند، مؤثر و ایمن است. همچنین، آیا استفاده از HIT در مقایسه با MCT رایج در برنامه‌های CR، در بهبود معادل سوخت‌وسازی (METs)، تقاضای اکسیژن میوکارد زیربیشینه (MVO2submax) و ضربان قلب بازیافت (HRR) این بیماران برتری دارد.

روش بررسی

طرح تحقیق حاضر نیمه‌تجربی است. ابتدا، هماهنگی‌های لازم بین دانشکده‌ی علوم ورزشی دانشگاه شهید چمران، دانشکده‌ی علوم پزشکی دانشگاه جندی‌شاپور، بیمارستان امام خمینی و گروه قلب و عروق و مرکز CR بیمارستان انجام شد. بعد از بررسی پرونده‌ها، بیماران مبتلا به CAD که دچار AMI شده بودند و با جراحی CABG درمان شده بودند و تنها چهار تا شش ماه از جراحی آن‌ها می‌گذشت، شناسایی و انتخاب شدند و بعد از همگن شدن از نظر سن، جنس، شاخص توده‌ی بدن (BMI)، درصد چربی بدن (BF) و دارا بودن معیارهای ورود، از جمله LVEF=30-40% و ارزیابی بالینی، وارد فرایند تحقیق شدند [۲۵, ۲۶]. این تحقیق مطابق با بیانیه‌ی هلسینکی در کمیته‌ی اخلاق در پژوهش دانشکده‌ی علوم پزشکی دانشگاه جندی‌شاپور اهواز تأیید شد و همه‌ی بیماران قبل از ورود به فرایند تحقیق، رضایت‌نامه‌ی کتبی امضا کردند.

در مجموع، ۳۰ بیمار وارد فرایند تحقیق شدند و برای واجد شرایط بودن، ارزیابی شدند. در آغاز، از همه‌ی بیماران اکوکاردیوگرافی به عمل آمد و بعد از مشخص شدن کسر تزریقی بطن چپشان، بیمارانی که LVEF آن‌ها ۳۰ تا ۴۰ درصد بود، به‌طور هدفمند، انتخاب شدند. در این مرحله، سه بیمار از فرایند تحقیق خارج شدند (دو بیمار به‌علت داشتن LVEF بیشتر از ۴۰ درصد و یک بیمار به‌علت داشتن LVEF کمتر از ۳۰ درصد). همچنین، یک بیمار به‌علت دوری مسافت، از مطالعه خارج شد. ۲۶ بیمار به‌طور تصادفی ساده با قرعه‌کشی به سه گروه HIT، MCT و گروه کنترل (CG) تقسیم شدند. در طول مداخلات ورزشی، دو بیمار فرایند تحقیق را ترک کردند (یک بیمار از گروه HIT به‌علت درد زانو و یک بیمار از گروه MCT به‌علت نداشتن انگیزه). بنابراین، ۲۴ بیمار post-CABG (۱۵ مرد و ۹ زن) با میانگین سنی ۳/۱۶ ± ۶۰/۷۵ سال و میانگین شاخص توده‌ی بدن ۱/۰۹ ± ۲۸/۴۰ کیلوگرم بر مترمربع موفق شدند فرایند تحقیق را کامل کنند. قبل از انجام تست و تمرین ورزشی، همه‌ی بیماران در یک جلسه ی آشناسازی (راه رفتن و دویدن روی تردمیل) با نحوه‌ی انجام تست و تمرین ورزشی آشنا شدند. ۴۸ تا ۷۲ ساعت قبل از شروع تمرینات ورزشی، اندازه‌گیری‌های پایه (اولیه) با تست ورزش قلبی‌ریوی (CPET) به‌منظور اندازه‌گیری متغیرهای وابسته انجام شد. سپس، گروه‌های تمرین (HIT و MCT) به مدت هشت هفته، هفته‌ای سه جلسه و جلسه‌ای ۴۵ دقیقه ورزش کردند. ۴۸ تا ۷۲ ساعت بعد از آخرین جلسه‌ی تمرینات، اندازه‌گیری‌های پیگیری به‌منظور اندازه‌گیری مجدد متغیرهای وابسته شامل METs، MVO2submax و HRR و همچنین، بررسی تغییرات در متغیرهای مذکور ناشی از مداخلات ورزشی، انجام شد [۲۷]. شکل ۱ مراحل مختلف این مطالعه را در نمودار جریان CONSORT نشان می‌دهد. این مطالعه‌ی آزمایشی مطابق با معیارهای چک‌لیست CONSORT است.

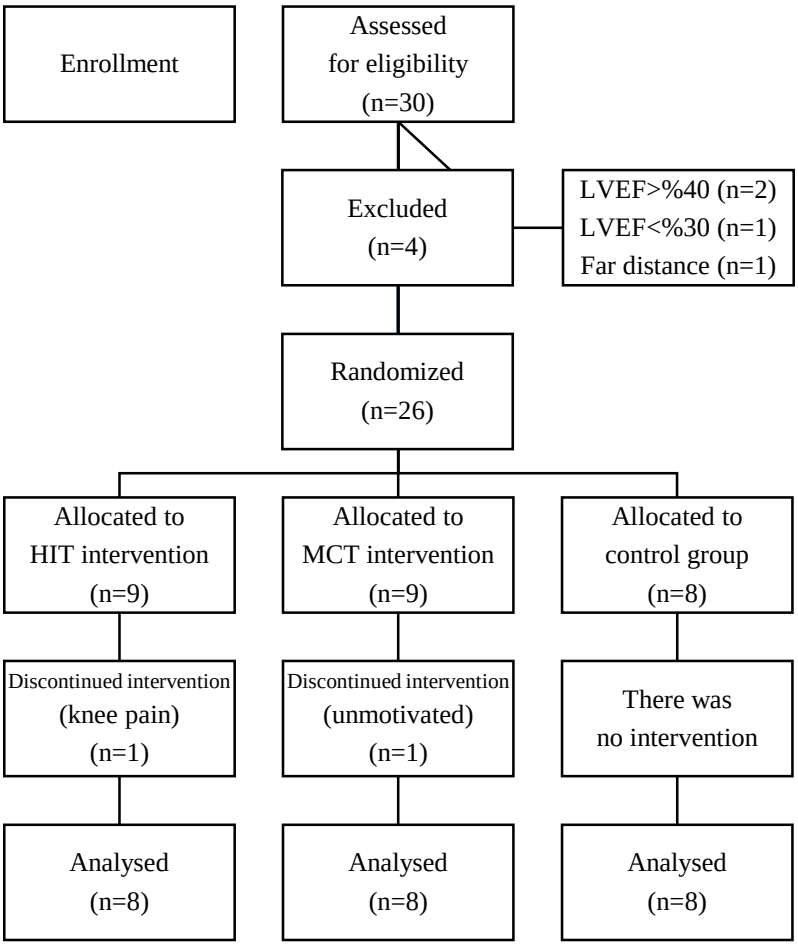
تست ورزش قلبی‌ریوی شامل دویدن روی تردمیل به‌طور فزاینده با افزایش تدریجی سرعت و شیب تردمیل و مشخصاً بر اساس پروتکل بروس انجام شد [۷, ۲۸]. پروتکل تمرین گروه HIT شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن با ۵۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره (HRR)، چهار تناوب چهاردقیقه‌ای دویدن روی تردمیل با ۸۰ تا ۹۰ درصد HRR، متناوب با سه مرحله استراحت فعال سه‌دقیقه‌ای شامل دویدن روی تردمیل با ۵۰ تا ۷۰ درصد HRR و ۱۰ دقیقه سرد کردن با ۵۰ تا ۷۰ درصد HRR بود [۷, ۲۸]. پروتکل تمرین گروه MCT شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن با ۵۰ تا ۷۰ درصد HRR، ۲۵ دقیقه دویدن تداومی روی تردمیل با ۷۰ تا ۸۰ درصد HRR و ۱۰ دقیقه سرد کردن با ۵۰ تا ۷۰ درصد HRR بود [۷, ۲۸].

بیماران گروه کنترل طی هشت هفته برنامه‌های CR هیچ‌گونه تمرین ورزشی انجام ندادند و زندگی عادی و روزمره‌ی خود را داشتند. اگرچه مجموع زمان فعالیت ورزشی دو گروه HIT و MCT در هر جلسه‌ی تمرین برابر بود (۴۵ دقیقه)، به‌علت تفاوت در سبک و شدت HIT و MCT، دو پروتکل تمرین از نظر اکسیژن مصرفی و کالری مصرفی هم‌حجم شدند [۷]. شدت HIT و MCT بر اساس درصدی از ضربان قلب اوج (HRpeak) به‌دست‌آمده توسط الکتروکاردیوگراف (ECG) دهاشتقاقه از هر بیمار طی تست ورزش پایه و مشخصاً تعیین ضربان قلب هدف (THR) بر اساس درصدی از ضربان قلب ذخیره (HRR) و با استفاده از معادله‌ی کاروونن (HRR=HRpeak-RHR & THR=HRR%+RHR) تعیین شد [۷, ۲۸, ۲۹]. به‌علت وجود رابطه‌ی خطی بین ضربان قلب (HR) و اکسیژن مصرفی (VO2) در حین فعالیت ورزشی فزاینده، معمولاً برای ارزیابی شدت فعالیت ورزشی و تجویز نسخه‌های ورزشی مناسب برای بیماران قلبی از شاخص ضربان قلب استفاده می‌شود [۳۰]. چون ممکن بود برخی بیماران به‌علت اختلال عملکرد قلب دچار آریتمی (بی‌نظمی ضربان قلب) باشند یا به‌علت مصرف داروهای مسدد گیرنده‌های بتاآدرنرژیک (β-blockers)، ضربان قلب واقعی آن‌ها مشخص نباشد، شدت فعالیت ورزشی با شاخص میزان درک فشار (RPE) نیز کنترل می‌شد [۲۷, ۳۱, ۳۲]. در برنامه‌های CR، معمولاً RPE به‌عنوان شاخص اصلی یا کمکی برای کنترل شدت فعالیت

ورزشی بیماران قلبی به کار می‌رود [۳۲-۳۴]. گروه HIT برای به دست آوردن سازگاری نسبی با تمرینات با شدت بالا، در هفته‌ی اول مداخله (معادل سه جلسه تمرین)، به سبک گروه MCT تمرین کردند [۷]. طی هشت هفته مداخلات ورزشی، شدت فعالیت ورزشی دو گروه تمرین با رعایت اصل اضافه‌بار تدریجی، به‌طور تدریجی، افزایش می‌یافت. به‌منظور رعایت اصل اضافه‌بار تدریجی، تناوب‌های تمرینی با شدت بالای گروه HIT از هفته‌ی دوم (جلسه‌ی چهارم) با ۸۰ درصد HRR شروع و هر هفته (هر سه جلسه)، دو درصد به شدت تمرین اضافه می‌شد. به‌طوری که گروه HIT در هفته‌ی دوم (جلسات ۴ تا ۶) با ۸۰ درصد HRR، در هفته‌ی سوم (جلسات ۷ تا ۹) با ۸۲ درصد HRR، در هفته‌ی چهارم (جلسات ۱۰ تا ۱۲) با ۸۴ درصد HRR، در هفته‌ی پنجم (جلسات ۱۳ تا ۱۵) با ۸۶ درصد HRR، در هفته‌ی ششم (جلسات ۱۶ تا ۱۸) با ۸۸ درصد HRR و در هفته‌های هفتم و هشتم (جلسات ۱۹ تا ۲۴) با ۹۰ درصد HRR تمرین کردند. شدت تناوب‌های ریکاوری این گروه (HIT) در سراسر دوره‌ی تمرین متناسب با وضعیت خستگی بیمار در محدوده‌ی ۵۰ تا ۷۰ درصد HRR حفظ می‌شد.

به‌منظور رعایت اصل اضافه‌بار تدریجی، تمرین گروه MCT در جلسه‌ی اول با ۷۰ درصد HRR شروع شد و هر چهار جلسه، دو درصد به شدت تمرین اضافه می‌شد. به‌طوری که گروه MCT در جلسات ۱ تا ۴ با ۷۰ درصد HRR، در جلسات ۵ تا ۸ با ۷۲ درصد HRR، در جلسات ۹ تا ۱۲ با ۷۴ درصد HRR، در جلسات ۱۳ تا ۱۶ با ۷۶ درصد HRR، در جلسات ۱۷ تا ۲۰ با ۷۸ درصد HRR و در جلسات ۲۱ تا ۲۴ با ۸۰ درصد HRR تمرین کردند. در دو گروه HIT و MCT در ۱۰ دقیقه‌ی ابتدای پروتکل (گرم کردن)، شدت تمرین با ۵۰ درصد HRR شروع می‌شد و به‌تدریج، به ۷۰ درصد HRR افزایش می‌یافت و در ۱۰ دقیقه‌ی انتهای پروتکل (سرد کردن)، شدت تمرین با ۷۰ درصد HRR شروع می‌شد و به‌تدریج، به ۵۰ درصد HRR کاهش می‌یافت.

METs بیماران با تقسیم کردن VO2peak (به‌دست‌آمده توسط معادله‌ی فوستر و همکاران ۱۹۸۴ [۳۵] بر اساس زمان رسیدن به واماندگی طی CPET) بر عدد ۳/۵ محاسبه شد (METs=VO2peak/3.5) [۳۶]. MVO2submax بیماران با ضرب کردن HR (ثبت‌شده توسط ECG) در



شکل ۱: نمودار جریان CONSORT، نتایج ثبت‌نام و تصادفی‌سازی بیماران

فشارخون سیستولی (SBP) (ثبت‌شده توسط فشارسنج خون)، در پایان استپ دو از پروتکل بروس محاسبه شد (MVO2submax= HRsubmax×SBPsubmax) [۷]. HRR بیماران با تفریق کردن HR ثبت شده توسط محقق در یک دقیقه بعد از توقف ورزش بیشینه (HR1) از HRpeak (ثبت‌شده توسط ECG هنگام رسیدن به واماندگی طی CPET) محاسبه شد (HRR=HRpeak-HR1) [۳۷].

بیماران را در حین تست و تمرین ورزشی به‌طور مداوم، محقق و تیم پزشکی مونیتور (چک) می‌کردند و به‌محض ظاهر شدن معیارهای خروج از قبیل الکتروکاردیوگرام غیرطبیعی (به‌خصوص افتادگی قطعه‌ی ST) یا آنژین صدری (درد قفسه‌ی سینه با منشأ قلبی)، به‌سرعت تمرین متوقف می‌شد و بیماران دارای معیار خروج از تست یا تمرین ورزشی خارج می‌شدند [۳۸, ۳۹]. قبل از شروع فرایند تحقیق، به بیماران گفته شد که تغذیه‌شان را مطابق با جدول رژیم غذایی توصیه‌شده توسط مرکز CR کنترل کنند. به‌علت اینکه مصرف برخی داروها (به‌عنوان متغیر مداخله‌گر) بر تغییرات متغیرهای وابسته تأثیرگذار بود، نوع و مقدار مصرف داروها توسط بیماران را قبل از ورود به مطالعه، محقق تعیین و ثبت کرد و تا حد امکان، تا پایان فرایند تحقیق، بدون تغییر باقی ماند تا از این طریق بتوانیم تغییرات حاصل در متغیرهای وابسته را با اطمینان بیشتری به مداخلات ورزشی نسبت دهیم [۲۵–۲۷, ۳۱, ۳۹].

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۱۷ انجام شد. برای ارزیابی نرمال بودن توزیع داده‌ها در هر گروه، از آزمون شاپیروویلک (Shapiro-Wilk) استفاده شد. برای آزمودن تفاوت‌های بین‌گروهی قبل از برنامه‌های CR، از آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه (one-way ANOVA) استفاده شد. برای آزمودن تفاوت‌های بین‌گروهی بعد از برنامه‌های CR، از آزمون تحلیل کوواریانس (ANCOVA) استفاده شد. مقایسه‌ی جفتی (دوبه‌دو) گروه‌ها با استفاده از آزمون تعقیبی بونفرونی (Bonferroni's post hoc) انجام شد. در تجزیه‌وتحلیل همه‌ی داده‌ها، P<۰/۰۵ معنی‌دار تلقی شد.

یافته ها

میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های اولیه‌ی بیماران در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه نشان داد بین هیچ یک از ویژگی‌های اولیه‌ی بیماران در سه گروه قبل از برنامه‌های CR، تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (P>۰/۰۵)، به‌جز HRsubmax (P=۰/۰۳۳)؛ بنابراین، همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، بیماران سه گروه از نظر ویژگی‌های اولیه همگن بودند.

جدول ۱: مقایسه‌ی ویژگی‌های اولیه‌ی بیماران سه گروه قبل از برنامه‌های CR *

Characteristics	Total (N=۲۴)	HIT (N=۸)	MCT (N=۸)	CG (N=۸)	P
Sex (male/female)	۱۵/۹	۵/۳	۵/۳	۵/۳	۱
Age (years)	۶۰/۷۵±۳/۱۶	۶۱/۶۲±۲/۷۷	۶۰/۳۷±۳/۶۲	۶۰/۲۵±۳/۲۸	۰/۶۵۰
BMI (kg/m^2)	۲۸/۴۰±۱/۰۹	۲۷/۹۲±۱/۰۶	۲۸/۹۶±۰/۸۶	۲۸/۳۰±۱/۲۰	۰/۱۶۵
BF (%)	۲۳/۸۳±۱/۲۱	۲۳/۶۰±۱/۵۰	۲۳/۵۱±۱/۱۸	۲۴/۳۹±۰/۸۰	۰/۲۹۵
RHR (bpm)	۷۹/۰۰±۲/۷۰	۸۰/۰۰±۳/۷۰	۷۸/۵۰±۲/۰۷	۷۸/۵۰±۲/۰۷	۰/۴۵۹
Exhaustion (min)	۷/۴۵±۰/۳۹	۷/۳۸±۰/۴۵	۷/۵۲±۰/۳۸	۷/۴۵±۰/۳۷	۰/۷۸۶
VO_{2peak} (mL.kg^{-1}.min^{-1})	۲۴/۵۸±۱/۳۰	۲۴/۳۵±۱/۵۲	۲۴/۸۱±۱/۲۸	۲۴/۵۹±۱/۲۴	۰/۷۹۵
METs (kcal.kg.hour)	۷/۰۲±۰/۳۷	۶/۹۵±۰/۴۳	۷/۰۸±۰/۳۶	۷/۰۲±۰/۳۵	۰/۷۹۹
HR_{submax} (bpm)	۹۷/۰۴±۲/۲۹	۹۸/۰۰±۱/۶۹	۹۷/۷۵±۲/۰۵	۹۵/۳۷±۲/۳۲	۰/۰۳۳
SBP_{submax} (mmHg)	۱۵۵/۰۰±۳/۹۰	۱۵۳/۷۵±۴/۴۳	۱۵۵/۶۲±۳/۲۰	۱۵۵/۶۲±۴/۱۷	۰/۵۶۱
$MVO_{2submax}$ (bpm.mmHg)	۱۵۰۴۱/۸۷±۵۳۱/۸۸	۱۵۰۶۸/۱۲±۵۲۳/۶۸	۱۵۲۱۴/۳۷±۵۱۵/۹۶	۱۴۸۴۳/۱۲±۵۵۵/۹۹	۰/۳۸۹
HR_{peak} (bpm)	۱۱۱/۰۰±۵/۲۰	۱۱۱/۳۷±۴/۵۶	۱۰۰/۶۲±۶/۳۰	۱۱۱/۰۰±۵/۲۹	۰/۹۶۳
HR_1 (bpm)	۱۰۱/۰۰±۳/۷۷	۱۰۱/۳۷±۳/۲۴	۱۰۰/۵۰±۴/۶۲	۱۰۱/۱۲±۳/۷۹	۰/۹۰۱
HRR (bpm)	۱۰/۰۰±۱/۷۹	۱۰/۰۰±۱/۸۵	۱۰/۱۲±۲/۱۰	۹/۸۷±۱/۶۴	۰/۹۶۵
LVEF (%)	۳۵/۳۷±۳/۱۰	۳۵/۶۲±۳/۳۷	۳۵/۳۷±۳/۱۱	۳۵/۱۲±۳/۲۲	۰/۹۵۴
LDL-c (mg/dl)	۱۲۵/۲۰±۱۰/۰۱	۱۲۵/۲۵±۱۰/۶۰	۱۲۵/۶۲±۱۰/۵۶	۱۲۴/۷۵±۱۰/۲۵	۰/۹۸۶
Days after CABG (days)	۱۵۰/۹۵±۱۶/۲۲	۱۴۵/۷۵±۱۵/۴۸	۱۵۱/۲۵±۱۶/۷۳	۱۵۵/۸۷±۱۶/۹۴	۰/۴۷۸
No. diseased vessels (N) One Two Three	 ۵ ۱۰ ۹	 ۲ ۳ ۳	 ۱ ۳ ۴	 ۲ ۴ ۲	۰/۶۲۵
β-blockers. N(%)	۱۴ (۵۸/۳۳)	۳ (۳۷/۵)	۷ (۸۷/۵)	۴ (۵۰)	۰/۱۱۶
ACEI/ARB. N(%)	۱۵ (۶۲/۵)	۴ (۵۰)	۶ (۷۵)	۵ (۶۲/۵)	۰/۶۲۰

ادامه جدول ۱

Atorvastatin. N(%)	۲۴ (۱۰۰)	۸ (۱۰۰)	۸ (۱۰۰)	۸ (۱۰۰)	۱
Smoking. N(%)	۱۰ (۴۱/۶۶)	۳ (۳۷/۵)	۴ (۵۰)	۳ (۳۷/۵)	۰/۸۶۰

*مقادیر ارائه‌شده برحسب میانگین و انحراف معیار یا تعداد بیماران.
**یافته‌های حاصل از آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه (one-way ANOVA).
HR_1، ضربان قلب اندازه‌گیری‌شده در یک دقیقه بعد از توقف ورزش بیشینه.

همان‌طور که در جدول ۲ می‌توان دید، نتایج آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد که بین METs، MVO2submax و HRR بیماران در سه گروه بعد از برنامه‌های CR، تفاوت معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵). همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، مقایسه‌ی دوبه‌دو گروه‌ها با استفاده از آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که بعد از هشت هفته انجام هریک از دو سبک HIT یا MCT، متغیرهای METs، MVO2submax و HRR بیماران در مقایسه با CG به‌طور معنی‌داری بهبود یافت (P=۰/۰۰۱). همچنین، نتایج آزمون بونفرونی نشان داد که بین METs (P=۰/۰۰۱)، MVO2submax (P=۰/۰۰۱) و HRR (P=۰/۰۰۱) بیماران در گروه‌های HIT و MCT تفاوت معنی‌داری وجود دارد که نشان‌دهنده‌ی برتری چشمگیر HIT نسبت به MCT در بهبود METs و HRR بیماران و همچنین، برتری درخور توجه MCT نسبت به HIT در بهبود MVO2submax بیماران است (جدول ۳). شکل‌های ۲، ۳ و ۴ تغییرات METs، MVO2submax و HRR بیماران سه گروه را قبل و بعد از برنامه‌های CR نشان می‌دهند.

جدول ۲. مقایسه‌ی متغیرهای فیزیولوژیکی بیماران سه گروه بعد از برنامه‌های CR *

Physiological variables	Total (N=۲۴)	HIT (N=۸)	MCT (N=۸)	CG (N=۸)	P**
Exhaustion (min)	۸/۵۰±۰/۸۳	۹/۲۵±۰/۳۴	۸/۸۱±۰/۱۷	۷/۴۴±۰/۳۰	۰/۰۰۱
VO_{2peak} (mL.kg^{-1}.min^{-1})	۲۸/۳۷±۳/۰۱	۳۱/۱۳±۱/۳۲	۲۹/۴۳±۰/۶۷	۲۴/۵۵±۱/۰۱	۰/۰۰۱
METs (kcal.kg.hour)	۸/۱۰±۰/۸۶	۸/۸۹±۰/۳۸	۸/۴۰±۰/۱۹	۷/۰۱±۰/۲۸	۰/۰۰۱
HR_{submax} (bpm)	۹۲/۳۳±۲/۸۶	۹۳/۲۵±۱/۵۸	۸۹/۲۵±۱/۵۸	۹۴/۵۰±۲/۲۰	۰/۰۰۱
SBP_{submax} (mmHg)	۱۴۷/۵۰±۶/۷۵	۱۴۶/۲۵±۵/۱۷	۱۴۲/۵۰±۴/۶۲	۱۵۳/۷۵±۵/۱۷	۰/۰۰۱
$MVO_{2submax}$ (bpm.mmHg)	۱۳۶۳۱/۲۵±۹۵۷/۶۰	۱۳۶۴۳/۱۲±۶۷۵/۶۳	۱۲۷۱۸/۱۲±۴۶۸/۶۴	۱۴۵۳۲/۵۰±۶۷۴/۹۴	۰/۰۰۱
HR_{peak} (bpm)	۱۱۱/۱۲±۴/۶۹	۱۱۱/۸۷±۳/۷۹	۱۱۰/۸۷±۵/۸۱	۱۱۰/۶۲±۴/۸۰	۰/۲۵۷
HR_1 (bpm)	۹۸/۴۵±۴/۶۲	۹۶/۶۲±۲/۸۷	۹۷/۶۲±۵/۷۰	۱۰۱/۱۲±۴/۰۸	۰/۰۰۱
HRR (bpm)	۱۲/۶۶±۲/۷۲	۱۵/۲۵±۱/۲۸	۱۳/۲۵±۱/۳۸	۹/۵۰±۱/۱۹	۰/۰۰۱
LVEF (%)	۳۵/۵۰±۳/۱۸	۳۶/۰۰±۳/۱۱	۳۵/۶۲±۳/۳۳	۳۴/۸۷±۳/۴۴	۰/۲۷۵
LDL-c (mg/dl)	۱۲۴/۰۰±۹/۶۲	۱۲۳/۸۷±۱۰/۲۷	۱۲۴/۰۰±۱۰/۰۱	۱۲۴/۱۲±۹/۹۲	۰/۰۹۹

*مقادیر ارائه‌شده برحسب میانگین و انحراف معیار.
**یافته‌های حاصل از آزمون تحلیل کوواریانس (ANCOVA).

جدول ۳. مقایسه‌ی جفتی (دوبه‌دو) گروه‌ها بعد از برنامه‌های CR *

Physiological variables	HIT vs CG				MCT vs CG				HIT vs MCT			
	HIT	CG	MD	P**	MCT	CG	MD	P**	HIT	MCT	MD	P**
Exhaustion (min)	۹/۲۵± ۰/۳۴	۷/۴۴± ۰/۳۰	۱/۸۵۲	۰/۰۰۱	۸/۸۱± ۰/۱۷	۷/۴۴± ۰/۳۰	۱/۳۳۷	۰/۰۰۱	۹/۲۵± ۰/۳۴	۸/۸۱± ۰/۱۷	۵	۰/۰۰۱[a]
VO_{2peak} (mL.kg^{-1}.min^{-1})	۳۱/۱۳± ۱/۳۲	۲۴/۵۵± ۱/۰۱	۶/۷۱۷	۰/۰۰۱	۲۹/۴۳± ۰/۶۷	۲۴/۵۵± ۱/۰۱	۴/۷۵۷	۰/۰۰۱	۳۱/۱۳± ۱/۳۲	۲۹/۴۳± ۰/۶۷	۱/۹۶۰	۰/۰۰۱[a]
METs (kcal.kg.hour)	۸/۸۹± ۰/۳۸	۷/۰۱± ۰/۲۸	۱/۹۱۶	۰/۰۰۱	۸/۴۰± ۰/۱۹	۷/۰۱± ۰/۲۸	۱/۳۵۷	۰/۰۰۱	۸/۸۹± ۰/۳۸	۸/۴۰± ۰/۱۹	۰/۵۵۹	۰/۰۰۱[a]
HR_{submax} (bpm)	۹۳/۲۵± ۱/۵۸	۹۴/۵۰± ۲/۲۰	−۳/۰۸۳	۰/۰۰۱	۸۹/۲۵± ۱/۵۸	۹۴/۵۰± ۲/۲۰	−۶/۹۰۸	۰/۰۰۱	۹۳/۲۵± ۱/۵۸	۸۹/۲۵± ۱/۵۸	۴/۸۲۵	۰/۰۰۱[a]
SBP_{submax} (mmHg)	۱۴۶/۲۵ ±۵/۱۷	۱۵۳/۷۵ ±۵/۱۷	−۵/۷۶۷	۰/۰۱۲	۱۴۲/۵۰ ±۴/۶۲	۱۵۳/۷۵ ±۵/۱۷	−۱۱/۲۵۰	۰/۰۰۱	۱۴۶/۲۵ ±۵/۱۷	۱۴۲/۵۰ ±۴/۶۲	۵/۴۸۳	۰/۰۱۷[a]
$MVO_{2submax}$ (bpm.mmHg)	۱۳۶۴۳/۱۲ ±۶۷۵/۶۳	۱۴۵۳۲/۵۰ ±۶۷۴/۹۴	−۱۰۶۷/۶۷۵	۰/۰۰۱	۱۲۷۱۸/۱۲ ± ۴۶۸/۶۴	۱۴۵۳۲/۵۰ ±۶۷۴/۹۴	−۲۱۰۸/۵۶۹	۰/۰۰۱	۱۳۶۴۳/۱۲ ±۶۷۵/۶۳	۱۲۷۱۸/۱۲ ± ۴۶۸/۶۴	۱۰۴۰/۸۹۵	۰/۰۰۱[a]

ادامه جدول ۳

HR_{peak} (bpm)	۱۱۱/۸۷ ±۳/۷۹	۱۱۰/۶۲ ±۴/۸۰	۰/۹۲۱	۰/۳۲۲	۱۱۰/۸۷ ±۵/۸۱	۱۱۰/۶۲ ±۴/۸۰	۰/۵۷۹	۰/۹۰۷	۱۱۱/۸۷ ±۳/۷۹	۱۱۰/۸۷ ±۵/۸۱	۰/۳۴۳	۰/۹۹۹
HR_1 (bpm)	۹۶/۶۲± ۲/۸۷	۱۰۱/۱۲ ±۴/۰۸	−۴/۷۵۹	۰/۰۰۱	۹۷/۶۲± ۵/۷۰	۱۰۱/۱۲ ±۴/۰۸	−۲/۸۵۲	۰/۰۰۷	۹۶/۶۲± ۲/۸۷	۹۷/۶۲± ۵/۷۰	−۱/۹۰۷	۰/۰۹۵
HRR (bpm)	۱۵/۲۵± ۱/۲۸	۹/۵۰± ۱/۱۹	۵/۶۸۵	۰/۰۰۱	۱۳/۲۵± ۱/۳۸	۹/۵۰± ۱/۱۹	۳/۶۲۰	۰/۰۰۱	۱۵/۲۵± ۱/۲۸	۱۳/۲۵± ۱/۳۸	۲/۰۶۵	۰/۰۰۱[a]
LVEF (%)	۳۶/۰۰± ۳/۱۱	۳۴/۸۷± ۳/۴۴	۰/۶۳۰	۰/۳۹۷	۳۵/۶۲± ۳/۳۳	۳۴/۸۷± ۳/۴۴	۰/۵۰۳	۰/۶۷۳	۳۶/۰۰± ۳/۱۱	۳۵/۶۲± ۳/۳۳	۰/۱۲۸	۰/۹۹۹
LDL-c (mg/dl)	۱۲۳/۸۷ ±۱۰/۲۷	۱۲۴/۱۲ ±۹/۹۲	−۰/۷۲۹	۰/۳۴۱	۱۲۴/۰۰ ±۱۰/۰۱	۱۲۴/۱۲ ±۹/۹۲	−۰/۹۶۳	۰/۱۲۳	۱۲۳/۸۷ ±۱۰/۲۷	۱۲۴/۰۰ ±۱۰/۰۱	۰/۲۳۴	۰/۹۹۹

*مقادیر ارائه‌شده برحسب میانگین و انحراف معیار.

**یافته‌های حاصل از آزمون تعقیبی بونفرونی (bonferroni's post hoc).

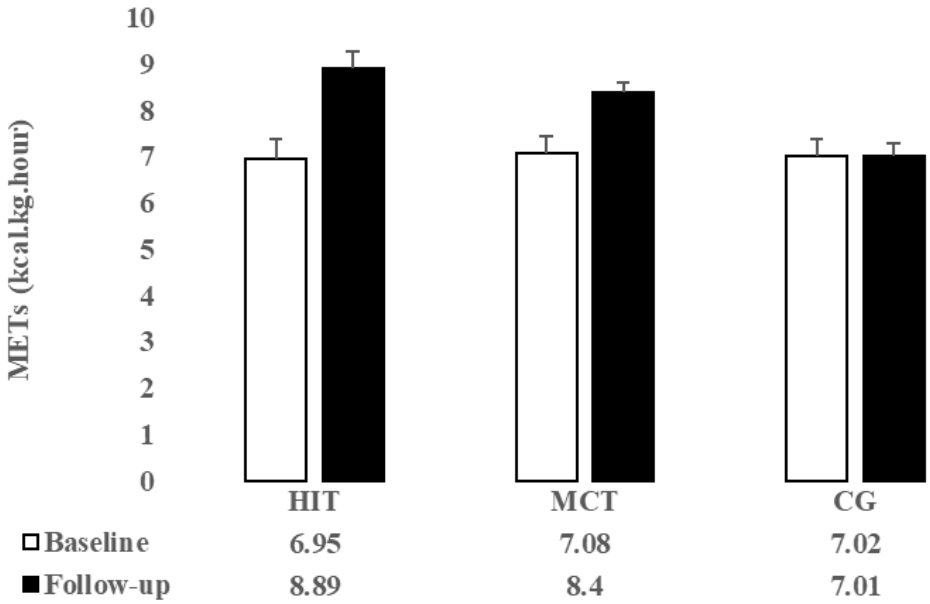
[a] معنی‌داری (P<۰/۰۵) HIT در مقابل MCT.

MD، اختلاف میانگین‌ها.

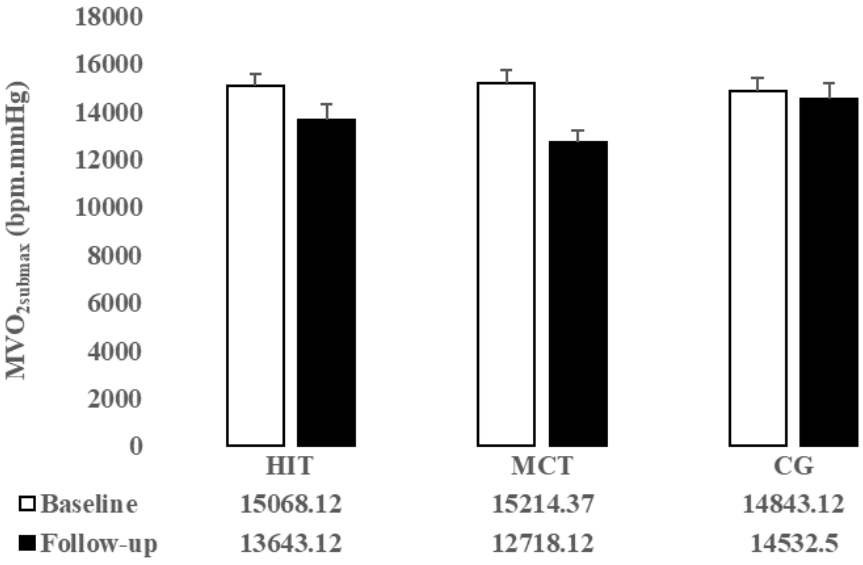
جدول ۴. حوادث ناگوار قلبی‌عروقی مرتبط با HIT و MCT

Cardiovascular adverse events	Total hours of exercise (288 h)	
	HIT (144 h)	MCT (144 h)
Sudden cardiac death	۰	۰
Cardiac arrest	۰	۰
Acute myocardial infarction	۰	۰
Sustained ventricular tachycardia	۰	۰
Syncope	۰	۰
Stop by termination criteria*	۰	۰

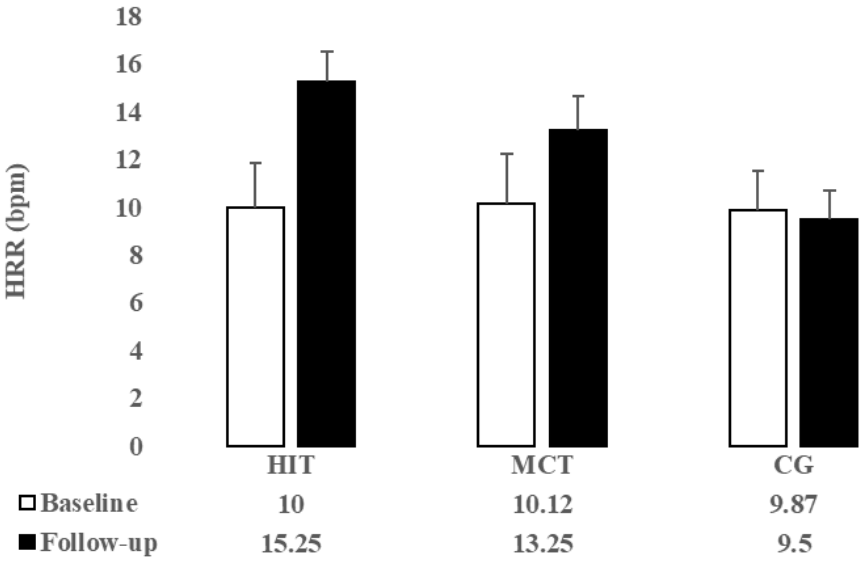
*معیارهای پایان‌دهی ورزش، توصیه‌شده توسط انجمن قلب امریکا (AHA).



شکل ۲. تغییرات METs سه گروه، قبل و بعد از برنامه‌های CR



شکل ۳. تغییرات $MVO_{2submax}$ سه گروه، قبل و بعد از برنامه‌های CR



شکل ۴. تغییرات HRR سه گروه، قبل و بعد از برنامه‌های CR

همان‌طور که در جدول ۴ می‌توان دید، طی هشت هفته برنامه‌های CR در مطالعه‌ی حاضر، در هیچ‌یک از بیماران گروه‌های تمرین هیچ حوادث ناگوار قلبی‌عروقی از جمله مرگ قلبی ناگهانی، ایست قلبی، انفارکتوس حاد میوکارد، پرتپشی بطنی، سنکوپ یا حتی توقف ورزش ناشی از ظاهر شدن معیارهای خروج مرتبط با HIT یا MCT طی مجموعاً ۲۸۸ ساعت ورزش (۱۴۴ ساعت برای گروه HIT و ۱۴۴ ساعت برای گروه MCT) رخ نداد که می‌تواند منعکس‌کننده‌ی ایمنی استفاده از این دو پروتکل تمرینی در برنامه‌های CR بیماران قلبی باشد.

بحث

هدف مطالعه‌ی حاضر مقایسه‌ی تأثیر تمرین تناوبی با شدت بالا و تمرین تداومی با شدت متوسط بر METs، MVO2submax و HRR بیماران قلبی بعد از جراحی پیوند بای‌پس شریان کرونری بود. مطالعات گوناگون نشان داده‌اند که HIT در مقایسه با تمرین تداومی، ظرفیت ورزشی بیماران قلبی را به‌طور قابل توجهی بیشتر بهبود می‌دهد [۷, ۱۴, ۲۰, ۳۷, ۴۰] که با یافته‌های ما همخوان هستند. بااین‌حال، برخی مطالعات تفاوت درخور توجهی در بهبود ظرفیت ورزشی بیماران قلبی با استفاده از HIT در مقابل

مجله علمی پزشکی
جنـــدی شـــاپور

تمرین تداومی نشان ندادند [۴۱] که با یافته‌های ما ناهمخوان هستند. نتایج تحقیق ما مبنی بر برتری HIT نسبت به MCT در بهبود METs بیماران post-CABG، با نتایج بررسی فراتحلیلی هانان و همکاران ۲۰۱۸ [۱۴] همخوان است. مدت‌زمان مداخلات HIT و MCT استفاده‌شده در برنامه‌های CR تحقیق ما (هشت هفته)، در محدوده‌ی تعیین‌شده در مطالعه‌ی هانان و همکاران (۷ تا ۱۲ هفته) بود که مطابق با نتایج این فراتحلیل، استفاده از HIT و MCT در این محدوده‌ی زمانی در بهبود ظرفیت ورزشی بیماران قلبی مؤثرتر است [۱۴]. برخی مطالعات اخیر نیز بهبود بیشتر در ظرفیت ورزشی بیماران قلبی در پاسخ به تمرینات هوازی در این محدوده‌ی زمانی را تأیید می‌کنند [۴۰, ۴۲]. اگرچه شدت بالای HIT خطر حوادث ناگوار برای بیماران قلبی را افزایش می‌دهد و همان‌طور که ذکر شد، آزمودنی‌های مطالعه‌ی ما از نظر پاتولوژی بیماری در میان حادترین موارد بیماری شریان کرونری بودند، طی هشت هفته برنامه‌ی CR، هیچ حوادث ناگوار مرتبط با HIT رخ نداد. این یافته‌ها نشان می‌دهد وقتی روش خاصی از HIT بر اساس ارزیابی اولیه‌ی هر بیمار تجویز شود و به‌علت خطر HIT، بیمار در حین فعالیت ورزشی به‌طور مداوم مونیتور شود، HIT می‌تواند ایمن باشد. بنابراین، مطلوب است HIT در شرایطی انجام شود که وضعیت بیمار به‌طور پیوسته مونیتور می‌شود. HIT شامل مجموعه‌ای از فعالیت‌های ورزشی متناوب با شدت بالا (تناوب‌های بیشینه) همراه با تناوب‌های فعالیت ورزشی با شدت کم (تناوب‌های ریکاوری) است. این تناوب‌های ریکاوری کوتاه‌مدت نیاز بیمار به انجام ورزش هوازی، بدون نیاز به تولید انرژی توسط دستگاه انرژی گلیکولیتیک و تولید لاکتات را فراهم می‌آورد و از اسیدوز طولانی‌مدت جلوگیری می‌کند [۲۰, ۲۱]. بنابراین، بیمار می‌تواند این بار کاری با شدت بالا را برای دوره‌ای نسبتاً طولانی و بدون خطر CV قابل توجهی حفظ کند. به این ترتیب، HIT در مقایسه با ورزش تداومی، امکان حفظ ورزش با شدت بالا برای دوره‌ی طولانی‌تر را فراهم می‌کند و محرک تمرینی بزرگ‌تری ایجاد می‌کند و باعث بهبود بیشتر ظرفیت ورزشی می‌شود [۴۳]. در مطالعه‌ی گائینی و همکاران در سال ۲۰۱۴ [۴۴] درباره‌ی بیماران post-CABG، دو گروه HIT و MCT بعد از هشت هفته برنامه‌های CR، بهبود معنی‌داری در ظرفیت ورزشی نشان دادند که با یافته‌های ما همخوان است. اما به‌خلاف یافته‌های تحقیق ما، در مطالعه‌ی گائینی و همکاران، بین ظرفیت ورزشی بیماران گروه‌های HIT و MCT از نظر آماری، تفاوت قابل توجهی وجود نداشت [۴۴]. اگرچه این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نبود، نمی‌توان به آسانی از بهبود چهل‌درصدی METs بیماران گروه HIT در مقایسه با بهبود سی‌درصدی METs بیماران گروه MCT چشم‌پوشی کرد. بررسی‌های متعدد، از جمله لایو و همکاران (۲۰۱۶) [۴۵] و الیوت و همکاران (۲۰۱۵)[۴۶] که یافته‌های چندین مطالعه را متاآنالیز کردند، به‌طور قابل توجهی بهبود بیشتر ظرفیت ورزشی را با HIT در مقایسه با ورزش تداومی در بیماران مبتلا به CAD نشان دادند. الیوت و همکاران دریافتند که فعالیت ورزشی با شدت بالا سازگاری‌های مرکزی سودمندتر در عملکرد قلبی از قبیل افزایش حجم ضربه‌ای (SV) و بهبود عملکرد سیستولی و دیاستولی بطن چپ ایجاد می‌کند. همچنین، آن‌ها سازگاری‌های محیطی مفیدتر در پاسخ به HIT از جمله بهبود عملکرد اندوتلیال مرتبط با جریان خون محیطی و افزایش ظرفیت اکسیداتیو عضلات اسکلتی را گزارش کردند [۴۶]. این یافته‌ها نشان می‌دهد که بهبود هر دو عامل مرکزی و محیطی در پاسخ به HIT باعث افزایش قابل توجه ظرفیت ورزشی این بیماران می‌شود.

به‌علاوه، بعد از هشت هفته برنامه‌های CR در تحقیق ما، بیماران دو گروه تمرین بهبود معنی‌داری در MVO2submax نشان دادند که این بهبود در گروه MCT نسبت به گروه HIT به‌طور قابل توجهی بیشتر بود. دلیلی احتمالی برای توجیه برتری MCT نسبت به HIT در بهبود MVO2submax بیماران post-CABG در مطالعه‌ی حاضر ممکن است مصرف بیشتر β-blockers توسط بیماران گروه MCT نسبت به بیماران گروه HIT باشد. نوع و مقدار مصرف داروها توسط بیماران را قبل از ورود به مطالعه، محقق تعیین و ثبت کرد و تا حد امکان، تا پایان فرایند تحقیق، بدون تغییر باقی ماند و در گروه MCT بیماران بیشتری (هفت بیمار، معادل ۸۷/۵ درصد بیماران) β-blockers مصرف می‌کردند، درحالی‌که در گروه HIT تنها سه بیمار (معادل ۳۷/۵ درصد بیماران) β-blockers مصرف می‌کردند. مکانیسم عمل β-blockers به‌گونه‌ای است که معمولاً برای درمان ایسکمی میوکارد و مهار آنژین صدری برای بیماران قلبی تجویز می‌شود و برای نشستن روی گیرنده‌های بتاآدرنرژیک با کاتکولامین‌ها رقابت می‌کند و با مسدود کردن گیرنده‌های سمپاتیکی بتا در فیبرهای میوکارد و فیبرهای تخصص عمل‌یافته‌ی تحریکی و هدایتی عضله‌ی قلب، مانع از تحریک سمپاتیکی ضربان و قدرت انقباضی قلب می‌شود و بنابراین، ضربان و قدرت انقباضی قلب را کاهش می‌دهد تا از این طریق، بار کاری عضله‌ی قلب و اکسیژن مصرف‌شده توسط عضله‌ی قلب را متناسب با جریان خون کرونری که ایسکمی میوکارد آن را محدود کرده است، کاهش دهد و باعث جبران ایسکمی میوکارد و مهار آنژین صدری شود [۴۷, ۴۸]. موارد ذکرشده به‌نوبه‌ی خود، باعث کاهش بیشتر HR و SBP که دو تعیین‌کننده‌ی اصلی MVO2 هستند (MVO2=HR×SBP)، در بیماران گروه MCT نسبت به بیماران گروه HIT می‌شود. این موضوع می‌تواند توجیهی برای برتری قابل توجه گروه MCT نسبت به گروه HIT در بهبود (کاهش) MVO2submax بیماران post-CABG در تحقیق ما باشد.

یکی از اهداف مطالعه‌ی حاضر بررسی ضربان قلب بازیافت (HRR) بیماران در یک دقیقه بعد از توقف ورزش بیشینه بود. مطالعات گذشته ارتباط قوی بین HRR و خطر مرگ‌ومیر در بیماران قلبی را نشان داده‌اند [۳۷, ۴۹–۵۴]. همه‌ی بیماران سه گروه تحقیق ما طی تست ورزش اولیه، مقادیر میانگین HRR کمتر از ۱۲ ضربه در دقیقه (نقطه‌ی قطع بالینی) را نشان دادند که این معیار به‌عنوان ناهنجاری HRR در یک دقیقه بعد از

توقف ورزش بیشینه مطرح شده است [۳۷]. با وجود این، باید ذکر شود ۶ نفر از ۲۴ بیمار (۲۵ درصد بیماران) در تست ورزش اولیه، HRR بالای نقطه‌ی قطع بالینی را نشان دادند. بااین‌حال، همه‌ی بیماران دو گروه تمرین طی تست ورزش پیگیری، HRR بالای نقطه‌ی قطع بالینی را نشان دادند، به‌جز یک بیمار در گروه MCT که HRR برابر با ۱۱ را نشان داد، درحالی‌که مقادیر میانگین HRR بیماران گروه کنترل زیر نقطه‌ی قطع بالینی باقی ماند. این تغییرات در مقادیر HRR تأثیر مثبت دو پروتکل تمرینی مطالعه بر بهبود معنی‌دار HRR بیماران را نشان می‌دهد. یافته‌ی دیگر این مطالعه این بود که بیماران گروه HIT نسبت به گروه MCT به‌طور قابل توجهی، بهبود بیشتری در مقادیر میانگین HRR بعد از تمرین ورزشی نشان دادند که به‌نوبه‌ی خود، برتری HIT نسبت به MCT در بهبود HRR بیماران را نشان می‌دهد. اگرچه HRR کمتر از ۱۲ ضربه در دقیقه معمول‌ترین معیار نقطه‌ی قطع بالینی در دقیقه‌ی یکم بعد از تست ورزش است و به‌عنوان ناهنجاری HRR مطرح شده است [۳۷]، برخی مطالعات افزایش خطر مرگ‌ومیر با HRR کمتر از ۲۵ ضربه در دقیقه [۵۵] و کمتر از ۲۲ ضربه در دقیقه [۵۶] را نشان داده‌اند. مطالعات متعددی بهبود HRR در پاسخ به فعالیت ورزشی را نشان داده‌اند. نتایج تحقیق حاضر مبنی بر برتری HIT نسبت به MCT در بهبود HRR بیماران post-CABG با نتایج مطالعه‌ی اناری و همکاران [۵۷] همخوان است. در مطالعه‌ی مذکور، بعد از دوره‌ی تمرین دوازده‌هفته‌ای، HRR بیماران به‌طور معنی‌داری بهبود یافت که این بهبود در بیماران CABG و بیماران PCI مشابه بود [۵۷]. علاوه بر این، ریبیرو و همکاران [۵۸] و تیکینهوی و همکاران [۵۹] به‌نوبه ی خود، نتایج مشابهی در بهبود HRR با برنامه‌ی ورزشی هشت‌هفته‌ای مشاهده کردند. برخی مطالعات بهبود HRR در پاسخ به فعالیت ورزشی را به کاهش فعالیت سمپاتیک (کاهش فعال شدن گیرنده‌های مکانیکی و شیمیایی عضله‌ی محیطی) و عوامل هومورال از قبیل کاتکولامین‌ها [۵۵, ۶۰–۶۲]، شدت و مدت فعالیت ورزشی انجام‌شده و نرمال‌سازی تهویه‌ی مرتبط با استرس متابولیکی [۶۳] نسبت داده‌اند. یکی از پیامدهای مهم نامطلوب جراحی CABG اختلال تون عصب واگ (پاراسمپاتیک) است که اخیراً از شاخص HRR برای ارزیابی اختلال عملکرد عصب واگ استفاده می‌شود [۶۴]. دراین‌باره، برخی مطالعات نشان داده‌اند که کاهش فعالیت پاراسمپاتیک می‌تواند به پاسخ پیش‌التهابی منجر شود؛ در نتیجه، عوارض و مرگ‌ومیر قلبی را افزایش می‌دهد [۶۵–۶۷]. یون و همکاران [۶۸] نیز تأیید کردند که کاهش HRR بعد از فعالیت ورزشی با پاسخی پیش‌التهابی مرتبط است و این شاخص پیشگویی‌کننده‌ای مستقل در بیماران مبتلا به نارسایی قلبی (HF) است. علاوه بر این، برخی مطالعات ارتباط معنی‌داری را بین بهبود ظرفیت ورزشی و HRR در دقایق مختلف بعد از تست ورزش نشان دادند [۳۷, ۶۹–۷۳]. این یافته‌ها به‌خوبی ارتباط ظرفیت ورزشی با HRR را نشان می‌دهند. به‌علاوه، مطالعات گوناگون نشان داده‌اند ورزش متناوب با شدت بالا و ورزش تداومی که از نظر مصرف انرژی و مدت فعالیت ورزشی مطابق هستند، شاخص‌های همودینامیکی مختلف استراحتی، آمادگی قلبی‌تنفسی، ساختار و عملکرد اندوتلیال و عملکرد بطن چپ را بهبود می‌دهند [۲۳, ۲۴, ۷۴–۷۷]. کنرادس و همکاران [۴۱] نیز در جمعیت بزرگی از بیماران CAD، بهبودهای مشابهی در ظرفیت ورزشی و عملکرد اندوتلیال پیرامونی متعاقب HIT و MCT مشاهده کردند.

اگرچه در تحقیق ما بیماران post-CABG به‌طور تصادفی انتخاب و مطالعه شدند، تعداد بیماران نسبتاً کم بود و پیگیری طولانی‌مدت ممکن نبود. بنابراین، با وجود برتری مشاهده‌شده‌ی HIT نسبت به MCT در بهبود برخی متغیرهای عملکردی فیزیولوژیک بیماران طی هشت هفته مداخلات ورزشی، نمی‌توان با اطمینان نتیجه‌گیری کرد که HIT در طولانی‌مدت، مؤثرتر از MCT است. بنابراین، باید مطالعات بیشتر با پیگیری طولانی‌تر و تعداد بیماران بیشتر انجام شود تا بتوان با اطمینان نسبتاً بیشتری نتیجه گیری کرد HIT در طولانی‌مدت، مؤثرتر از MCT و همچنین، ایمن است.

نتیجه گیری

نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد که استفاده از HIT در برنامه‌های CR بیماران post-CABG به‌طور کنترل‌شده و با روش به‌کاررفته در این مطالعه موجب حوادث ناگوار نمی‌شود و در مقایسه با MCT رایج بهبود بیشتری در برخی شاخص‌های عملکردی فیزیولوژیک از جمله METs و HRR این بیماران ایجاد می‌کند. چون ظرفیت ورزشی (METs) بهترین پیشگویی کننده‌ی بقای بیماران قلبی است و رابطه‌ی معکوسی با همه‌ی علل مرگ‌ومیر این بیماران دارد و همچنین، به‌علت ارتباط قوی ضربان قلب بازیافت (HRR) با مرگ‌ومیر قلبی، انتخاب برنامه‌های ورزشی CR که بیشترین بهبود در METs و HRR را حاصل می‌کنند، برای این بیماران مهم است.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این تحقیق توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز تایید شد. همه بیماران قبل از ورود به فرآیند تحقیق رضایتنامه کتبی امضا کردند.

حامی مالی

این پژوهش بدون حمایت مالی انجام شد و هزینه های آن بعهده محقق بود.

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان در تمام مراحل تحقیق و نگارش مقاله مشارکت کردند.

تعارض منافع

این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

متشکریم از معاونت های پژوهشی دانشگاه شهید چمران، دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور و بیمارستان امام خمینی اهواز. همچنین متشکریم از اعضا گروه قلب و عروق و پرسنل مرکز بازتوانی قلبی بیمارستان امام خمینی که در همه مراحل انجام تحقیق همکاری کردند.

References

[1] García IB, Arias JÁR, Campo DJR, González-Moro IM, Poyatos MC. High-intensity interval training dosage for heart failure and coronary artery disease cardiac rehabilitation. A systematic review and meta-analysis. Rev Esp Cardiol (Engl Ed). 2019;72(3):233-43. [DOI: 10.1016/j.rec.2018.02.015] [PMID]

[2] Lozano R, Naghavi M, Foreman K, Lim S, Shibuya K, Aboyans V, et al. 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. The lancet. 2012;380(9859):2095-128. [DOI: 10.1016/S0140-6736(12)61728-0] [PMID] [PMCID]

[3] Keteyian SJ, Brawner CA, Savage PD, Ehrman JK, Schairer J, Divine G, et al. Peak aerobic capacity predicts prognosis in patients with coronary heart disease. Am Heart J. 2008;156(2):292-300. [DOI: 10.1016/j.ahj.2008.03.017] [PMID]

[4] Kodama S, Saito K, Tanaka S, Maki M, Yachi Y, Asumi M, et al. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. JAMA. 2009;301(19):2024-35. [DOI: 10.1001/jama.2009.681] [PMID]

[5] Taylor RS, Brown A, Ebrahim S, Jolliffe J, Noorani H, Rees K, et al. Exercise-based rehabilitation for patients with coronary heart disease: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Am J Med. 2004;116(10):682-92. [DOI: 10.1016/j.amjmed.2004.01.009] [PMID]

[6] Kendziorra K, Walther C, Foerster M, Möbius-Winkler S, Conradi K, Schuler G, et al. Changes in myocardial perfusion due to physical exercise in patients with stable coronary artery disease. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2005;32(7):813-9. [DOI: 10.1007/s00259-005-1768-1] [PMID]

[7] Kim C, Choi HE, Lim MH. Effect of high interval training in acute myocardial infarction patients with drug-eluting stent. Am J Phys Med Rehabil. 2015;94(10 Suppl 1):879-86. [DOI: 10.1097/PHM.0000000000000290] [PMID]

[8] Medina-Leyte DJ, Zepeda-García O, Domínguez-Pérez M, González-Garrido A, Villarreal-Molina T, Jacobo-Albavera L. Endothelial dysfunction, inflammation and coronary artery disease: potential biomarkers and promising therapeutical approaches. nt J Mol Sci. 2021;22(8):3850. [DOI: 10.3390/ijms22083850] [PMID] [PMCID]

[9] Manresa-Rocamora A, Ribeiro F, Casanova-Lizon A, Flatt AA, Sarabia JM, Moya-Ramon M. Cardiac rehabilitation improves endothelial function in coronary artery disease patients. Int J Sports Med. 2022;43(11):905-20. [DOI: 10.1055/a-1717-1798] [PMID]

[10] Heran BS, Chen JM, Ebrahim S, Moxham T, Oldridge N, Rees K, et al. Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease. Cochrane Database Syst Rev. 2021;11:CD001800. [DOI: 10.1002/14651858.CD001800.pub3] [PMID] [PMCID]

[11] Anderson L, Oldridge N, Thompson DR, Zwisler A-D, Rees K, Martin N, et al. Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease: Cochrane systematic review and meta-analysis. J Am Coll Cardiol. 2016;67(1):1-12. [DOI: 10.1016/j.jacc.2015.10.044] [PMID]

[12] Price KJ, Gordon BA, Bird SR, Benson AC. A review of guidelines for cardiac rehabilitation exercise programmes: is there an international consensus? Eur J Prev Cardiol. 2016;23(16):1715-33. [DOI: 10.1177/2047487316657669] [PMID]

[13] Thompson PD, Arena R, Riebe D, Pescatello LS. ACSM's new preparticipation health screening recommendations from ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Curr Sports Med Rep. 2013;12(4):215-7. [DOI: 10.1249/JSR.0b013e31829a68cf] [PMID]

[14] Hannan AL, Hing W, Simas V, Climstein M, Coombes JS, Jayasinghe R, et al. High-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training within cardiac rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. Open Access J Sports Med. 2018;9:1-17. [DOI: 10.2147/OAJSM.S150596] [PMID]

[15] Wisløff U, Ellingsen Ø, Kemi OJ. High-intensity interval training to maximize cardiac benefits of exercise training? Exerc Sport Sci Rev. 2009;37(3):139-46. [DOI: 10.1097/JES.0b013e3181aa65fc] [PMID]

[16] Camm AJ, Lüscher TF, Serruys PW. The ESC textbook of cardiovascular medicine: OXFORD university press. 2009.[DOI: 10.1093/med/9780199566990.001.0001]

[17] Guidelines ECfS, Corrà U, Piepoli MF, Carré F, Heuschmann P, Hoffmann U, et al. Secondary prevention through cardiac rehabilitation: physical activity counselling and exercise training: key components of the position paper from the Cardiac Rehabilitation Section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. Eur Heart J. 2010;31(16):1967-74. [DOI: 10.1093/eurheartj/ehq236] [PMID]

[18] Smart NA, Dieberg G, Giallauria F. Intermittent versus continuous exercise training in chronic heart failure: a meta-analysis. Int J Cardiol. 2013;166(2):352-8. [DOI: 10.1016/j.ijcard.2011.10.075] [PMID]

[19] Cornish AK, Broadbent S, Cheema BS. Interval training for patients with coronary artery disease: a systematic review. J Appl Physiol. 2011;111(4):579-89. [DOI: 10.1007/s00421-010-1682-5] [PMID]

[20] Villelabeitia Jaureguizar K, Vicente-Campos D, Ruiz Bautista L, Hernández de la Peña C, Arriaza Gómez MJ, Calero Rueda MJ, et al. Effect of high-intensity interval versus continuous exercise training on functional capacity and quality of life in patients with coronary artery disease. J Cardiopulm Rehabil Prev. 2016;36(2):96-105. [DOI: 10.1097/HCR.0000000000000156] [PMID]

[21] Guiraud T, Nigam A, Gremeaux V, Meyer P, Juneau M, Bosquet L. High-intensity interval training in cardiac rehabilitation. Sports Med. 2012;42(7):587-605. [DOI: 10.2165/11631910-000000000-00000] [PMID]

[22] Moholdt TT, Amundsen BH, Rustad LA, Wahba A, Løvø KT, Gullikstad LR, et al. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise after coronary artery bypass surgery: a randomized study of cardiovascular effects and quality of life. Am Heart J. 2009;158(6):1031-7. [DOI: 10.1016/j.ahj.2009.10.003] [PMID]

[23] [23] Rognmo Ø, Hetland E, Helgerud J, Hoff J, Slørdahl SA. High intensity aerobic interval exercise is superior to moderate intensity exercise for increasing aerobic capacity in patients with coronary artery disease. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil. 2004;11(3):216-22. [DOI: 10.1097/01.hjr.0000131677.96762.0c] [PMID]

[24] [24] Warburton DE, McKenzie DC, Haykowsky MJ, Taylor A, Shoemaker P, Ignaszewski AP, et al. Effectiveness of high-intensity interval training for the rehabilitation of patients with

coronary artery disease. Am J Cardiol. 2005;95(9):1080-4. [DOI: 10.1016/j.amjcard.2004.12.063] [PMID]

[25] Currie KD, Dubberley JB, McKelvie RS, MacDonald MJ. Low-volume, high-intensity interval training in patients with CAD. Med Sci Sports Exerc. 2013;45(8):1436-42. [DOI: 10.1249/MSS.0b013e31828bbbd4] [PMID]

[26] Rocco EA, Prado DM, Silva AG, Lazzari J, Bortz PC, Rocco DF, et al. Effect of continuous and interval exercise training on the PETCO2 response during a graded exercise test in patients with coronary artery disease. Clinics (Sao Paulo). 2012;67(6):623-8. [DOI: 10.6061/clinics/2012(06)13] [PMID] [PMCID]

[27] Cardozo GG, Oliveira RB, Farinatti PT. Effects of high intensity interval versus moderate continuous training on markers of ventilatory and cardiac efficiency in coronary heart disease patients. cientificWorldJournal. 2015;2015:192479. [DOI: 10.1155/2015/192479] [PMID] [PMCID]

[28] Benetti M, Araujo CLPd, Santos RZd. Cardiorespiratory fitness and quality of life at different exercise intensities after myocardial infarction. Arq Bras Cardiol. 2010;95(3):399-404. [DOI: 10.1590/s0066-782x2010005000089] [PMID]

[29] Karvonen J, Vuorimaa T. Heart rate and exercise intensity during sports activities. Sports Med. 1988;5(5):303-11. [DOI: 10.2165/00007256-198805050-00002] [PMID]

[30] Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Stringer WW, Whipp BJ. Principles of exercise testing and interpretation: including pathophysiology and clinical applications. Can J Cardiol. 2007;23(4):274. [PMCID]

[31] Currie KD, Bailey KJ, Jung ME, McKelvie RS, MacDonald MJ. Effects of resistance training combined with moderate-intensity endurance or low-volume high-intensity interval exercise on cardiovascular risk factors in patients with coronary artery disease. J Sci Med Sport. 2015;18(6):637-42. [DOI: 10.1016/j.jsams.2014.09.013] [PMID]

[32] Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales: Human kinetics; 1998. [Link]

[33] Mezzani A, Hamm LF, Jones AM, McBride PE, Moholdt T, Stone JA, et al. 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. Eur J Prev Cardiol. 2013;20(3):442-67. [DOI: 10.1177/2047487312460484] [PMID]

[34] Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. Med Sci Sports Exerc. 1982;14(5):377-81. [PMID]

[35] Foster C, Jackson AS, Pollock ML, Taylor MM, Hare J, Sennett SM, et al. Generalized equations for predicting functional capacity from treadmill performance. Am Heart J. 1984;107(6):1229-34. [DOI: 10.1016/0002-8703(84)90282-5] [PMID]

[36] Swainson MG, Ingle L, Carroll S. Cardiorespiratory fitness as a predictor of short-term and lifetime estimated cardiovascular disease risk. Scand J Med Sci Sports. 2019;29(9):1402-13. [DOI: 10.1111/sms.13468] [PMID]

[37] Villelabeitia-Jaureguizar K, Vicente-Campos D, Senen AB, Jiménez VH, Garrido-Lestache MEB, Chicharro JL. Effects of high-intensity interval versus continuous exercise training on post-exercise heart rate recovery in coronary heart-disease patients. Int J Cardiol. 2017;244:17-23. [DOI: 10.1016/j.ijcard.2017.06.067] [PMID]

[38] Keteyian SJ, Hibner BA, Bronsteen K, Kerrigan D, Aldred HA, Reasons LM, et al. Greater improvement in cardiorespiratory fitness using higher-intensity interval training in the standard cardiac rehabilitation setting. J Cardiopulm Rehabil Prev. 2014;34(2):98-105. [DOI: 10.1097/HCR.0000000000000049] [PMID]

[39] Prado D, Rocco E, Silva A, Rocco D, Pacheco M, Silva P, et al. Effects of continuous vs interval exercise training on oxygen uptake efficiency slope in patients with coronary artery disease. Braz J Med Biol Res. 2016;49(2):e4890. [DOI: 10.1590/1414-431X20154890] [PMID]

[40] Li S, Chen X, Jiao H, Li Y, Pan G, Yitao X. The Effect of High-Intensity Interval Training on Exercise Capacity in Patients with Coronary Artery Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. Cardiol Res Pract. 2023;2023:7630594. [DOI: 10.1155/2023/7630594] [PMID] [PMCID]

[41] Conraads VM, Pattyn N, De Maeyer C, Beckers PJ, Coeckelberghs E, Cornelissen VA, et al. Aerobic interval training and continuous training equally improve aerobic exercise capacity in patients with coronary artery disease: the SAINTEX-CAD study. Int J Cardiol. 2015;179:203-10. [DOI: 10.1016/j.ijcard.2014.10.155] [PMID]

[42] Taylor JL, Holland DJ, Keating SE, Leveritt MD, Gomersall SR, Rowlands AV, et al. Short-term and long-term feasibility, safety, and efficacy of high-intensity interval training in cardiac rehabilitation: the FITR heart study randomized clinical trial. JAMA Cardiol. 2020;5(12):1382-89. [DOI: 10.1001/jamacardio.2020.3511] [PMID]

[43] Midgley A, McNaughton LR, Carroll S. Physiological determinants of time to exhaustion during intermittent treadmill running at vV· O2max. Int J Sports Med. 2007;28(4):273-80. [DOI: 10.1055/s-2006-924336] [PMID]

[44] Gaeini AA, Satarifard S, Heidary A. Comparing the Effect of Eight Weeks of High-Intensity Interval Training and Moderate-Intensity Continuous Training on Physiological Variables of Exercise Stress Test in Cardiac Patient after Coronary Artery Bypass Graft. Journal of Isfahan Medical School. 2014;31(267): 2171-81. [Link]

[45] Liou K, Ho S, Fildes J, Ooi S-Y. High intensity interval versus moderate intensity continuous training in patients with coronary artery disease: a meta-analysis of physiological and clinical parameters. Heart Lung Circ. 2016;25(2):166-74. [DOI: 10.1016/j.hlc.2015.06.828] [PMID]

[46] Elliott AD, Rajopadhyaya K, Bentley DJ, Beltrame JF, Aromataris EC. Interval training versus continuous exercise in patients with coronary artery disease: a meta-analysis. Heart Lung Circ. 2015;24(2):149-57. [DOI: 10.1016/j.hlc.2014.09.001] [PMID]

[47] Hall J, Guyton A. Textbook of Medical Physiology: Enhanced E-book. London: Elsevier Health Sciences; 2010. [Link]

[48] Ehrman JK, Gordon PM, Visich PS, Keteyian SJ. Clinical exercise physiology: Human Kinetics; 2009. [Link]

[49] Huang P-H, Leu H-B, Chen J-W, Cheng C-M, Huang C-Y, Tuan T-C, et al. Usefulness of attenuated heart rate recovery immediately after exercise to predict endothelial dysfunction in patients with suspected coronary artery disease. Am J

Cardiol. 2004;93(1):10-3. [DOI: 10.1016/j.amjcard.2003.09.004] [PMID]

[50] Hai J-J, Siu C-W, Ho H-H, Li S-W, Lee S, Tse H-F. Relationship between changes in heart rate recovery after cardiac rehabilitation on cardiovascular mortality in patients with myocardial infarction. Heart Rhythm. 2010;7(7):929-36. [DOI: 10.1016/j.hrthm.2010.03.023] [PMID]

[51] Giallauria F, Lorenzo AD, Pilerci F, Manakos A, Lucci R, Psaroudaki M, et al. Long-term effects of cardiac rehabilitation on end-exercise heart rate recovery after myocardial infarction. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil. 2006;13(4):544-50. [DOI: 10.1097/01.hjr.0000216547.07432.fb] [PMID]

[52] Giallauria F, Lucci R, Pietrosante M, Gargiulo G, De Lorenzo A, D'Agostino M, et al. Exercise-based cardiac rehabilitation improves heart rate recovery in elderly patients after acute myocardial infarction. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2006;61(7):713-7. [DOI: 10.1093/gerona/61.7.713] [PMID]

[53] Tsai S-W, Lin Y-W, Wu S-K. The effect of cardiac rehabilitation on recovery of heart rate over one minute after exercise in patients with coronary artery bypass graft surgery. Clin Rehabil. 2005;19(8):843-9. [DOI: 10.1191/0269215505cr915oa] [PMID]

[54] Wu SK, Lin YW, Chen CL, Tsai S-W. Cardiac rehabilitation vs. home exercise after coronary artery bypass graft surgery: a comparison of heart rate recovery. Am J Phys Med Rehabil. 2006;85(9):711-7. [DOI: 10.1097/01.phm.0000228597.64057.66] [PMID]

[55] Jouven X, Empana J-P, Schwartz PJ, Desnos M, Courbon D, Ducimetière P. Heart-rate profile during exercise as a predictor of sudden death. N Engl J Med. 2005;352(19):1951-8. [DOI: 10.1056/NEJMoa043012] [PMID]

[56] Lahiri MK, Kannankeril PJ, Goldberger JJ. Assessment of autonomic function in cardiovascular disease: physiological basis and prognostic implications. J Am Coll Cardiol. 2008;51(18):1725-33. [DOI: 10.1016/j.jacc.2008.01.038] [PMID]

[57] Anari LM, Ghanbari-Firoozabadi M, Ansari Z, Emami M, Nasab MV, Nemaiande M, et al. Effect of cardiac rehabilitation program on heart rate recovery in coronary heart disease. J Tehran Heart Cent. 2015;10(4):176-81. [PMID]

[58] Ribeiro F, Alves AJ, Teixeira M, Miranda F, Azevedo C, Duarte JA, et al. Exercise training enhances autonomic function after acute myocardial infarction: a randomized controlled study. Rev Port Cardiol. 2012;31(2):135-41.[DOI: 10.1016/j.repc.2011.12.009] [PMID]

[59] Tiukinhoy S, Beohar N, Hsie M. Improvement in heart rate recovery after cardiac rehabilitation. J Cardiopulm Rehabil. 2003;23(2):84-7. [DOI: 10.1097/00008483-200303000-00002] [PMID]

[60] Kannankeril PJ, Le FK, Kadish AH, Goldberger JJ. Parasympathetic effects on heart rate recovery after exercise. J Investig Med. 2004;52(6):394-401. [DOI: 10.1136/jim-52-06-34] [PMID]

[61] Nilsson G, Hedberg P, Jonason T, Lönnberg I, Öhrvik J. Heart rate recovery is more strongly associated with the metabolic syndrome, waist circumference, and insulin sensitivity in women than in men among the elderly in the general population. Am Heart J. 2007;154(3):460.e1-7. [DOI: 10.1016/j.ahj.2007.06.025] [PMID]

[62] Hart E, Dawson E, Rasmussen P, George K, Secher NH, Whyte G, et al. β-Adrenergic receptor desensitization in man: insight into post-exercise attenuation of cardiac function. J Physiol. 2006;577(2):717-25. [DOI: 10.1113/jphysiol.2006.116426] [PMID]

[63] Al Haddad H, Mendez-Villanueva A, Bourdon PC, Buchheit M. Effect of acute hypoxia on post-exercise parasympathetic reactivation in healthy men. Front Physiol. 2012;3:289. [DOI: 10.3389/fphys.2012.00289] [PMID]

[64] LaPier TK. Functional status of patients during subacute recovery from coronary artery bypass surgery. Heart Lung. 2007;36(2):114-24. [DOI: 10.1016/j.hrtlng.2006.09.002] [PMID]

[65] Thayer JF, Lane RD. The role of vagal function in the risk for cardiovascular disease and mortality. Biol Psychol. 2007;74(2):224-42. [DOI: 10.1016/j.biopsycho.2005.11.013] [PMID]

[66] Haensel A, Mills PJ, Nelesen RA, Ziegler MG, Dimsdale JE. The relationship between heart rate variability and inflammatory markers in cardiovascular diseases. sychoneuroendocrinology. 2008;33(10):1305-12. [DOI: 10.1016/j.psyneuen.2008.08.007] [PMID] [PMCID]

[67] Thayer J, Fischer J. Heart rate variability, overnight urinary norepinephrine and C-reactive protein: evidence for the cholinergic anti-inflammatory pathway in healthy human adults. J Intern Med. 2009;265(4):439-47. [DOI: 10.1111/j.1365-2796.2008.02023.x] [PMID]

[68] Youn J-C, Lee HS, Choi S-W, Han S-W, Ryu K-H, Shin E-C, et al. Post-exercise heart rate recovery independently predicts clinical outcome in patients with acute decompensated heart failure. PLoS One. 2016;11(5):e0154534. [DOI: 10.1371/journal.pone.0154534] [PMID]

[69] Heffernan KS, Fahs CA, Shinsako KK, Jae SY, Fernhall B. Heart rate recovery and heart rate complexity following resistance exercise training and detraining in young men. Am J Physiol Heart Circ Physiol. 2007;293(5):H3180-6. [DOI: 10.1152/ajpheart.00648.2007] [PMID]

[70] Hirsh DS, Vittorio TJ, Barbarash SL, Hudaihed A, Tseng C-H, Arwady A, et al. Association of heart rate recovery and maximum oxygen consumption in patients with chronic congestive heart failure. J Heart Lung Transplant. 2006;25(8):942-5. [DOI: 10.1016/j.healun.2006.04.006] [PMID]

[71] Myers J, Hadley D, Oswald U, Bruner K, Kottman W, Hsu L, et al. Effects of exercise training on heart rate recovery in patients with chronic heart failure. Am Heart J. 2007;153(6):1056-63. [DOI: 10.1016/j.ahj.2007.02.038] [PMID]

[72] Carnethon MR, Jacobs Jr DR, Sidney S, Sternfeld B, Gidding SS, Shoushtari C, et al. A longitudinal study of physical activity and heart rate recovery: CARDIA, 1987-1993. Med Sci Sports Exerc. 2005;37(4):606-12. [DOI: 10.1249/01.mss.0000158190.56061.32] [PMID]

[73] Vicente-Campos D, López AM, Nuñez MJ, Chicharro JL. Heart rate recovery normality data recorded in response to a maximal exercise test in physically active men. Eur J Appl Physiol. 2014;114(6):1123-8. [DOI: 10.1007/s00421-014-2847-4] [PMID]

[74] Moholdt T, Aamot IL, Granøien I, Gjerde L, Myklebust G, Walderhaug L, et al. Aerobic interval training increases peak

oxygen uptake more than usual care exercise training in myocardial infarction patients: a randomized controlled study. Clin Rehabil. 2012;26(1):33-44. [DOI: 10.1177/0269215511405229] [PMID]

[75] Munk PS, Butt N, Larsen AI. High-intensity interval exercise training improves heart rate variability in patients following percutaneous coronary intervention for angina pectoris. Int J Cardiol. 2010;145(2):312-4. [DOI: 10.1016/j.ijcard.2009.11.015] [PMID]

[76] Munk PS, Staal EM, Butt N, Isaksen K, Larsen AI. High-intensity interval training may reduce in-stent restenosis following percutaneous coronary intervention with stent implantation: a randomized controlled trial evaluating the relationship to endothelial function and inflammation. Am Heart J. 2009;158(5):734-41. [DOI: 10.1016/j.ahj.2009.08.021] [PMID]

[77] Wisløff U, Støylen A, Loennechen JP, Bruvold M, Rognmo Ø, Haram PM, et al. Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. Circulation. 2007; 115(24):3086-94. [DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.675041] [PMID]