

Research Paper



The Effect of an Aerobic Exercise Program on Selected Hemorheological, Hemodynamic, and Biomechanical Variables in Middle-aged Men With Heart Problems

Mohadese Yavar¹ , *Hydar Sadeghi^{1,2}

1. Department of Sports Biomechanics and Injuries, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.

2. Department of Sports Biomechanics and Rehabilitation, Kinesiology Research Center, Kharazmi University, Tehran, Iran.



Citation Yavar M, Sadeghi H. [The Effect of an Aerobic Exercise Program on Selected Hemorheological, Hemodynamic, and Biomechanical Variables in Middle-aged Men With Heart Problems (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2025; 14(4):578-591. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.14.4.3347>

<https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.14.4.3347>

ABSTRACT

Background and Aims Considering the impact of regular exercise on heart performance, this study aimed to investigate the effect of an aerobic exercise program on selected hematologic, hemodynamic, and biomechanical variables in middle-aged men with heart conditions.

Methods In this semi-experimental study, 34 male patients aged 40-65 years who had suffered from myocardial infarction or had coronary artery bypass grafting and percutaneous coronary intervention, participated. They were randomly divided into equal exercise and control groups. The exercise group underwent submaximal aerobic exercises (workout on a stationary bike with foot pedals, workout on a stationary bike with hand pedals, and workout on a treadmill or an elliptical) three times a week for eight weeks. Inferential statistics such as analysis of covariance (ANCOVA), paired t-test, and Wilcoxon test were used for between-group and within-group comparisons.

Results The results showed a significant improvement in hematologic variables (white blood cell count, erythrocyte sedimentation rate, hematocrit, and lipoproteins), hemodynamic variables (stroke volume, resting heart rate, and diastolic blood pressure), and biomechanical variables (ejection fraction, and size and volume of heart cavities) after aerobic exercises.

Conclusion The aerobic exercise program can be used in male cardiac patients to improve the hematologic and hemodynamic blood parameters and the biomechanical heart function variables reported in this study.

Keywords Myocardial infarction, Aerobic exercise, Hematologic, Hemodynamic, Biomechanical heart function

Received: 26 Mar 2025

Accepted: 14 Jun 2025

Available Online: 23 Sep 2025

* Corresponding Author:

Heydar Sadeghi, Professor.

Address: Department of Sports Biomechanics and Injuries, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.

Tel: +98 (912) 2453175

E-Mail: h.sadeghi@khu.ac.ir/sadeghih@yahoo.com



Copyright © 2025 The Author(s);

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

Extended Abstract

Introduction

Living a sedentary and inactive life can directly or indirectly cause health problems, such as cardiovascular diseases, obesity, and coronary artery disease, which are recognized as one of the fundamental problems in today's societies. Exercise has protective effects on the heart and the risk factors of cardiovascular diseases. Recognition of the benefits and effectiveness of exercises against cardiovascular diseases has led to the development and advancement of cardiac rehabilitation programs in hospitals and other rehabilitation centers. Cardiac rehabilitation is considered to be a type of exercise that improves physical abilities, relieves disease-related symptoms, reduces disability, recurrence of cardiovascular events, or the need for interventional procedures, reduces mortality and improves quality of life. This study aimed to determine the effect of an aerobic exercise program on selected hemodynamic, hemodynamic, and biomechanical variables of cardiac muscle function in middle-aged men with heart problems.

Methods

This is a prospective quasi-experimental study with a pre-test/post-test design. The study population consisted of middle-aged men with myocardial infarction (MI) or those undergoing coronary artery bypass grafting and coronary angioplasty referred to Shahid Modarres Hospital in Tehran, Iran, in the past year. From this population, 34 men with a mean age of 51 years, height of 172 cm, weight of 78 kg, and body mass index of 26.22 kg/m² were selected. These patients had been referred to the hospital's rehabilitation department for cardiac rehabilitation or medical intervention one month after a cardiac event, based on the cardiologist's recommendation and diagnosis. They were divided into two groups: exercise (n=17) and control (n=17). The exercise group performed submaximal aerobic exercise three times a week for eight weeks, initially at an intensity of 65-68% of heart rate reserve. The Karvonen formula was used to determine the target heart rate. In the main phase of the exercise program, the goal was to maintain the heart rate for 20-40 minutes. It consisted of aerobic exercises, including workout on a stationary bike with foot pedals, workout on a stationary bike with hand pedals, and workout on a treadmill or an elliptical at an intensity of 50-80% of the maximum heart rate. As the exercise sessions progressed, the duration and intensity of the exercise increased slowly and gradually. Heart rate, blood pressure, and possible electrocardiogram changes were monitored during exercise.

Results

Regarding hemorrhagic function variables, the findings indicated a significant improvement in white blood cell count, hematocrit, erythrocyte sedimentation rate (ESR), and blood lipoproteins in both groups ($P<0.05$). The values of triglyceride, cholesterol, and LDL decreased, while HDL increased ($P<0.05$). The highest change due to the exercise program in the exercise group was related to triglycerides (23% decrease), and the lowest change was related to red blood cell count (6% increase). In the control group, the highest change was related to the cholesterol variable (19% decrease), while the lowest change (<1% increase) was related to platelets. Regarding the effect size, in all variables with a significant difference, the intensity of the effects was greater in the exercise group than in the control group.

Regarding hemodynamic function variables, the findings indicated a significant improvement in diastolic blood pressure, stroke volume, and resting heart rate in the exercise group ($P<0.05$). The variable with the most changes was resting heart rate (13% decrease), and the lowest change was related to systolic blood pressure with a decrease of 1.5%. In the control group, the findings indicated a significant improvement only in stroke volume and resting heart rate ($P<0.05$). The highest change was related to the resting heart rate variable (8% decrease) and the least change was related to the increase in systolic blood pressure (1%). Regarding the effect size, in all variables with a significant difference, the influence was greater in the exercise group than in the control group.

Regarding biomechanical performance variables, the findings indicated an improvement in the variables related to the size and volume of the heart cavities and the ejection fraction in both groups ($P<0.05$). The highest change due to the exercise program in the exercise group was related to the end-systolic volume (17% decrease) and the lowest change (2.33% decrease) was related to functional capacity. In the control group, the highest change was also related to the end-systolic volume (11% decrease), and the lowest change was related to functional capacity (<1%). Regarding the effect size, in all variables with a significant difference, the effects were greater in the exercise group than in the control group.

Conclusion

The eight-week aerobic exercise program is effective in improving hemorhologic variables (white blood cell count, hematocrit, ESR, and lipoproteins), hemodynamics variables (stroke volume, resting heart rate, and dia-

stolic blood pressure), and biomechanical variables (size and volume of heart cavities, and ejection fraction) in middle-aged men with heart problems. Therefore, therapists can use this protocol as a supplementary exercise program to improve the performance of MI patients.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Ethics Committee of [Kharazmi University](#), Tehran, Iran (IR.KHU.KRC.1000.270). This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Funding

This study was extracted from the master's thesis of Mohadese Yavar at the Department of Sports Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, [Kharazmi University](#), Tehran, Iran. This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Authors' contributions

All authors contributed equally to the conception and design of the study, data collection and analysis, interpretation of the results, and drafting of the manuscript. Each author approved the final version of the manuscript for submission.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors would like to thank all the patients who participated in this study for their cooperation.



مقاله پژوهشی

تأثیر یک دوره تمرین هوازی بر متغیرهای منتخب همورولوژیکی، همودینامیکی و بیومکانیکی عملکرد عضله قلب مردان میانسال مبتلا به عارضه قلبی

محدثه یاور^۱، حیدر صادقی^{۲*}

۱. گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

۲. گروه بیومکانیک ورزشی و توانبخشی، پژوهشکده علوم حرکتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online



Citation Yavar M, Sadeghi H. [The Effect of an Aerobic Exercise Program on Selected Hemorheological, Hemodynamic, and Biomechanical Variables in Middle-aged Men With Heart Problems (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2025; 14(4):578-591. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.14.4.3347>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.14.4.3347>

چکیده

مقدمه و اهداف باتوجه به ادعای اثرگذاری فعالیت ورزشی منظم بر عملکرد قلب، هدف از انجام این مطالعه تأثیر یک دوره تمرین هوازی بر متغیرهای منتخب همورولوژیکی، همودینامیکی و بیومکانیکی عملکرد عضله قلب مردان میانسال مبتلا به عارضه قلبی بود.

مواد و روش‌ها در این پژوهش نیمه‌آزمایشگاهی، ۳۴ بیمار قلبی مرد میانسال در محدوده سنی ۴۰ تا ۶۵ سال، متعاقب سکنه قلبی، پیوند بای‌پس عروق کرونر و مداخله عروق کرونر از راه پوست شرکت داشتند و در ۲ گروه آزمایش و کنترل تقسیم شدند. گروه آزمایش، به مدت ۸ هفته، ۳ بار در هفته تمرینات هوازی زیر بیشینه انجام دادند. از آمار استنباطی آنالیز کوواریانس و تی وابسته به همراه آزمون ویلکاکسون به منظور مقایسه درون گروهی و بین گروهی در سطح معنی‌داری $P \leq 0/05$ استفاده شد.

یافته‌ها نتایج افزایش معنادار متغیرهای همورولوژیک (گلبول سفید خون، سرعت رسوب گلبول‌های قرمز، هماتوکریت و لیپوپروتئین‌ها)، متغیرهای همودینامیک (حجم‌ضریه‌ای، ضربان قلب استراحتی و فشار خون دیاستولیک) و متغیرهای بیومکانیک عملکرد قلب (کسرجهشی، ابعاد و حجم حفرات قلب) ($P \leq 0/05$) در پی برنامه توان‌بخشی (تمرین هوازی) را نشان داد.

نتیجه‌گیری باتوجه به نتایج، با عنایت به ماهیت اثرگذاری تمرینات هوازی بر متغیرهای مختلف خون، پروتکل تمرینی مورد استفاده در این پژوهش را می‌توان برای بهبود عملکرد متغیرهای هماتولوژیک، همودینامیک و عملکرد بیومکانیکی عضله قلب بیماران قلبی توصیه کرد.

کلیدواژه‌ها عارضه قلبی، تمرین هوازی، همورولوژیک، همودینامیک، بیومکانیک عملکرد قلب

تاریخ دریافت: ۰۶ فروردین ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: ۲۴ خرداد ۱۴۰۴

تاریخ انتشار: ۰۱ مهر ۱۴۰۴

* نویسنده مسئول:

دکتر حیدر صادقی

نشانی: تهران، دانشگاه خوارزمی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی.

تلفن: ۰۱۱ ۲۲۲۲۸۰۰ (۲۱) ۹۸+

رایانامه: h.sadeghi@khu.ac.ir / sadeghih@yahoo.com

Copyright © 2025 The Author(s);

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

مقدمه و اهداف

گذراندن زندگی به صورت ساکن، بی تحرک و غیرفعال به طور مستقیم یا غیرمستقیم سبب بروز مشکلاتی در رابطه با سلامتی و تندرستی، مانند بیماری های قلبی عروقی، چاقی و بیماری های شریان کرونری شده که به عنوان یکی از مشکلات اساسی جوامع امروزی شناخته شده است [۱]. بیماری قلبی عروقی دسته ای از بیماری های شریان کرونری نظیر آنژین و انفارکتوس میوکارد یا حمله قلبی را شامل می شود [۲]. از آنجایی که افزایش سن یکی از مهم ترین علل نارسایی قلبی در افراد سالمند به شمار می رود، طبیعی است سالمندان با بیماران های قلبی عروقی مواجه باشند [۳]. سالمندان اغلب توانایی های احیا کننده محدود دارند و نسبت به بزرگسالان جوان در برابر بیماری های قلبی عروقی مانند بیماری های عروق کرونری آسیب پذیرتر و مستعدتر هستند. بیماری های عروق کرونری به دلیل آترواسکلروز و همچنین نارسایی قلبی با افزایش سن ارتباط مستقیمی دارد [۳].

باتوجه به بیان این ادعا که تمرینات ورزشی دارای آثار محافظتی نیرومندی روی قلب هستند و ریسک فاکتورهای قلبی عروقی را تحت تأثیر قرار می دهند، ورزش، بخش تفکیک ناپذیر موضوع سلامت و تندرستی است [۴]. شناسایی فواید و اثربخشی تمرین در برابر بیماری های قلبی عروقی منجر به گسترش و پیشرفت برنامه های باز توانی قلبی در بیمارستان ها و سایر مراکز باز توانی شده است [۵]. باز توانی قلبی در قالب نوعی از انواع تمرین ورزشی در نظر گرفته می شوند که موجب بهبود توانایی های جسمانی، تسکین یا کاهش علائم وابسته به بیماری، کاهش ناتوانی، کاهش تکرار وقایع قلبی عروقی، کاهش نیاز به رویه های مداخله ای، کاهش مرگ و میر و بهبود کیفیت زندگی می شوند [۶]. مطالعه روی بیماران دچار بیماری شریان کرونری با تاریخچه شخصی انفارکتوس میوکارد نشان می دهد آن هایی که فعالیت ورزشی بیشتری انجام می دهند، تا اندازه ای دارای کاهش پیشرونده در مرگ و میر ناشی از بیماری عروق کرونری هستند [۷].

همودینامیک که قوانین فیزیکی حاکم بر جریان خون در عروق را تشریح می کند، بخش مهمی از فیزیولوژی قلبی عروقی است که با نیروی پمپاژ قلب در ارتباط است و نقش آن به گردش در آوردن خون در سرتاسر دستگاه گردش خون است. گردش خون مناسب (جریان خون) شرط ضروری جهت تأمین مناسب اکسیژن برای تمامی بافت ها است که با سلامت قلب و عروق، افزایش طول عمر و افزایش کیفیت زندگی در ارتباط است. نیروهای همودینامیکی خودشان را به صورت فشار خون و جریان خون جفت شده با مقادیر منحنی های دستگاه قلبی عروقی نشان می دهند [۸]. پژوهش ها در خصوص تأثیر تمرینات ورزشی بر متغیرهای همودینامیکی نشان دادند متغیرهای همودینامیکی، شامل فشار خون سیستولی و دیاستولی، تعداد ضربان قلب استراحت، حجم

ضربه ای، برون ده قلب، سرعت جریان خون و مقاومت عروقی (مقاومت جریان خون) بهبود یافتند [۹]. متغیر همودینامیکی که در این پژوهش به آن پرداخته شد شامل بیومکانیک علمی است که به جنبه مکانیکی فیزیکی بدن موجودات زنده می پردازد. بیومکانیک کاربرد علم مکانیک در مسائل مربوط به موجودات زنده است و در انسان شامل مطالعه حرکات ساده و پیچیده آن است [۱۰]. بیومکانیک خون نقشی اساسی در تنظیم عملکرد قلبی در قلب نرمال و همچنین در قلب بیمار ایفا می کند. قلب یک سیستم چندرسانه ای است که در سطوح مختلف ارگانی، بافتی، سلولی و پروتئینی عمل می کند. در هر سطح مکانیکی استرس نقشی اساسی در تنظیم عملکرد قلب ایفا می کند. اصلاح الگوهای استرس مکانیکی می تواند فراهم آورنده رویکردی مؤثر برای درمان انفارکتوس قلبی و بهبود عملکرد قلبی باشد. عملکرد اولیه بطن چپ، پمپ خون به تمامی اندام های بدن است. کارایی پمپ بستگی به نیروی انقباض عضله قلب، شرایط بارگیری، ساین و شکل بطن و عملکرد دریچه ها دارد [۱۱]. پس از انفارکتوس قلبی، بطن چپ متحمل تغییرات عمده در ژئومتری، شامل کاهش ضخامت دیواره و اتساع حفره می شود که به طور وسیعی استرس بافت را خصوصاً در ناحیه انفارکته و منطقه مرزی افزایش می دهد. ضمناً عملکرد کلی قلب کاهش یافته، انقباض پذیری میوکارد و نرخ قلبی افزایش می یابد. فشارهای پر شدن قلب بالا می رود و حجم دیاستولیک افزایش می یابد. از آنجایی که عملکرد ضعیف پمپ و اتساع بطن چپ، هر دو در توسعه نارسایی قلبی پس از انفارکتوس سهیم هستند، بهبود عملکرد پمپ و محدود کردن اتساع بطن چپ هر دو از اهداف مهم درمانی به شمار می روند [۱۲، ۱۳].

متغیرهای همورولوژیکی که در این پژوهش به آن پرداخته شد شامل گلبول سفید، گلبول قرمز، هموگلوبین، پلاکت، تراکم پذیری اریتروسیت ها، همتوکریت، تری گلیسیرید، کلسترول، LDL و HDL است. متغیرهای همودینامیکی این پژوهش، شامل حجم ضربه ای، فشار خون سیستولیک، فشار خون دیاستولیک و ضربان قلب استراحتی است و متغیرهای بیومکانیکی، شامل ظرفیت عملکردی، حجم پایان سیستول، حجم پایان دیاستول، کسر جهشی، قطر پایان سیستول و قطر پایان دیاستول است. از این رو هدف از انجام این پژوهش، تعیین اثر یک دوره تمرین هوازی بر متغیرهای منتخب همورولوژیکی، همودینامیکی و بیومکانیکی عملکرد عضله قلب مردان میانسال مبتلا به عارضه قلبی بود.

مواد و روش ها

پژوهش حاضر از نوع نیمه آزمایشگاهی و آینده نگر، طرح پژوهش از نوع پیش و پس آزمون، مدل پژوهش علی مقایسه ای (تأثیر سنجی) و نوع پژوهش کاربردی بود. جامعه آماری پژوهش را در طی یک دوره ۱ ساله، مردان میانسال مبتلا به عارضه

از قبل مشخص و کالبره شدند. محیط برگزاری آزمون شامل شرایط محیطی (نور، دما) تحت کنترل قرار گرفت.

با مراجعه بیماران ارجاع شده توسط پزشک متخصص قلب به مرکز توان بخشی بیمارستان، آزمون های اولیه تست ورزش (برای تعیین ظرفیت عملکردی و توانمندی قلب، فشار خون سیستولی و دیاستولی و ضربان قلب، توانایی قلبی عروقی، تعیین شدت تمرینات توان بخشی قلب)، تصویر برداری داپلر (برای تعیین ابعاد حفرات قلب، حجم حفرات قلب، عملکرد سیستولیک بطن چپ) و اتوالایزر برای اندازه گیری لیوپروتئین های خون (کلسترول، LDL و HDL و تری گلیسرید) انجام شد. از تمام آزمودنی ها خون برای اندازه گیری هماتوکریت، هموگلوبین، گلبول سفید و قرمز خون گرفته شد و با استفاده از دستگاه کولتر سلول های در گردش خون آنالیز شد.

برنامه پروتکل

برنامه پروتکل تمرین توان بخشی قلبی (دوره تمرین هوازی) در طی ۸ هفته و ۳ جلسه در هفته انجام شد. هر جلسه شامل ۳ بخش بود: گرم کردن، فعالیت اصلی و ریکاوری (جدول شماره ۱). برنامه تمرین زیر نظر پرستار (آشنا به مانیتورینگ) انجام شد.

گرم کردن

هدف این مرحله افزایش تدریجی ضربان قلب بود. تمرینات گرم کردن به ۲ مرحله ۵ دقیقه ای تقسیم شد. شامل: ۱. فعالیت هایی مثل راه رفتن و دوچرخه سواری سبک که به آرامی و به تدریج بر شدت آن ها افزوده می شد. هدف این فعالیت ها گرم کردن عضلات و آماده کردن آن ها برای حرکات کششی و افزایش تدریجی ضربان قلب بود. ۲. فعالیت کششی شامل کشش عضلات قسمت فوقانی تنه و سینه، کشش عضلات کمر و پایین پشت، عضلات پشت ساق پا، عضلات همسترینگ و عضلات چهارسر ران بودند. در حین انجام حرکات کششی بر سرعت ضربان قلب اندکی افزوده می شد. بنابراین اثر ۵ دقیقه اول گرم کردن حفظ شده و هر حرکت کششی نیز برای ۱۰ تا ۱۵ ثانیه اجرا می شد.

بدنه تمرین

در فاز اصلی تمرین، هدف حفظ ضربان قلب در مدت ۲۰ تا ۴۰ دقیقه بود. فاز اصلی تمرین را ورزش های هوازی، شامل کار بر روی دوچرخه ثابت پایی، دوچرخه ثابت دستی، تردمیل و کار با ال ایپتیکال (بین دستگاه تردمیل و ال ایپتیکال برحسب توانایی فرد یک گزینه انتخاب می شد) با شدت ۵۰ تا ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب بیشینه تشکیل دادند که با گذشت جلسات تمرین، با آهنگ آهسته و تدریجی، مدت و شدت تمرین افزایش پیدا می کرد. برای این منظور، با استفاده از معادله کارونن براساس ضربان قلب نشان یا نسبیتی از ضربان قلب ذخیره این مقدار تعیین

انفارکتوس قلبی و بیماریانی که تحت عمل جراحی پیوند عروق کرونر و آنژیوپلاستی کرونر قرار گرفته بودند و مراجعه کننده به بیمارستان شهید مدرس تهران بودند تشکیل دادند. از درون جامعه آماری، ۳۴ مرد با میانگین سنی $51/94 \pm 4/96$ سال، قد $172/94 \pm 7/45$ سانتی متر، وزن $78/41 \pm 9/16$ کیلوگرم و شاخص توده بدنی $26/22 \pm 1/87$ کیلوگرم بر متر مربع به ۲ گروه آزمایش (۱۷ نفر) و گروه کنترل (۱۷ نفر) تقسیم شدند. آیین آزمودنی ها ۱ ماه پس از عارضه قلبی و یا انجام مداخلات پزشکی، برای ادامه درمان و به توصیه و تشخیص پزشک متخصص قلب برای انجام توان بخشی قلب به بخش توان بخشی بیمارستان معرفی شدند، معیار ورود آزمودنی ها: عدم استعمال دخانیات، مشروبات الکلی، و داروهای اثرگذار بر متغیرهای پژوهش. ضمن اینکه، بیماران شرکت کننده در هر دو گروه باید جزء بیماران کم خطر محسوب می شدند. معیارهای خروج: مشاهده علائم هشداردهنده در حین تمرین، بیماریانی که دچار تنگی نفس می شدند، عدم توانایی یا عدم تمایل بیمار جهت تکمیل دوره درمان و بیماریانی که دچار آنژین صدری ناپایدار می شدند.

ابزار مورد استفاده برای جمع آوری داده ها، شامل فرم رضایت فردی، پرسش نامه اطلاعات فردی، پرسش نامه سلامت فیزیولوژیکی (ارزیابی وضعیت قلبی عروقی)، استادیومتر مدل - SECA ۷۱۱ ساخت کشور آلمان برای اندازه گیری قد و وزن آزمودنی ها، تجهیزات خون گیری، شامل سرنگ، لوله های نگهداری خون که آغشته به EDTA است (برای اندازه گیری هماتوکریت، تعداد گلبول قرمز، غلظت هموگلوبین)، دستگاه کولتر از نوع SYSMEX برای آنالیز آزمایش CBC، کیت ساخت شرکت پیشتاز طب و دستگاه اتوالایزر مدل Hitachi ۹۱۷ برای تعیین لیوپروتئین های خون (کلسترول، LDL و HDL و تری گلیسرید)، اکوکاردیوگراف داپلر مدل Vivid-S5 ساخت کمپانی جنرال الکتریک برای تعیین ابعاد حفرات قلب (ابعاد سیستولیک ابعاد دیاستولیک)، حجم حفرات قلب (حجم پایان سیستول حجم پایان دیاستول)، کسر جهشی و تست ورزش ۳ مدل COSMED برای تعیین ظرفیت و توانمندی قلب (سرعت ریکاوری قلب و کاهش پالس استراحتی) بود.

گروه آزمایش به مدت ۸ هفته و ۳ بار در هفته تمرینات هوازی زیربیشینه را با شدت ۶۵ تا ۶۸ درصد ضربان قلب ذخیره براساس فرمول کارونن انجام دادند. شدت تمرین برای هر آزمودنی به صورت جداگانه محاسبه شد. برای اطمینان از پایش دقیق شدت تمرینات، پایش ضربان قلب هم مدنظر قرار می گرفت. آزمودنی های گروه کنترل در طول این ۸ هفته فعالیت ورزشی منظمی نداشتند.

جمع آوری داده ها، شامل ست آپ سیستم، آماده کردن آزمودنی ها، اجرای پروتکل برنامه تمرینی و پردازش داده ها بود. در مرحله ست آپ سیستم برای اجرای آزمون، محل استقرار دستگاه

یافته‌ها

ویژگی‌های جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها در جدول شماره ۲ ارائه شد. شرکت‌کننده‌های در پژوهش تحت ۳ اتفاق انفارکتوس میوکارد، جراحی بای‌پس عروق کرونر و آنژیوپلاستی قرار گرفته بودند. بیشترین آزمودنی‌ها در گروه هوازی و کنترل تحت عمل آنژیوپلاستی قرار گرفته بودند و تعداد کمتری در هر دو گروه دچار سکتة قلبی شده بودند. از تعداد کل آزمودنی‌ها ۱۷ نفر در گروه هوازی و ۱۷ نفر در گروه کنترل قرار گرفتند. براساس شاخص توده بدنی در هر دو گروه، آزمودنی‌ها کمی اضافه‌وزن داشتند.

نتایج آزمون کولموگروف اسمیرنف نشان داد در هر دو گروه آزمایش و کنترل در مرحله پیش و پس‌آزمون، توزیع داده‌های مربوط به متغیرهای ظرفیت عملکردی، حجم پایان سیستول و دیاستول، گلبول‌های سفید و قرمز خون، هموگلوبین، پلاکت، تراکم‌پذیری اریتروسیت‌ها، کلسترول، تری‌گلیسیرید، LDL و HDL نرمال بود. درحالی‌که در هر دو گروه به‌صورت مشترک، داده‌های مربوط به متغیرهای فشار خون سیستولی و دیاستولی وضعیتی غیرنرمال داشتند. در گروه آزمایش، در هر دو وضعیت پیش و پس‌آزمون، داده‌های مربوط به متغیرهای کسر جهشی، حجم ضربه‌ای، ضربان قلب استراحتی و هماتوکریت از وضعیت توزیع نرمال برخوردار بودند. در گروه کنترل، در هر دو وضعیت پیش و پس‌آزمون، داده‌های مربوط به متغیرهای کسر جهشی، حجم ضربه‌ای، ضربان قلب استراحتی و هماتوکریت از وضعیت توزیع غیرنرمال برخوردار بودند.

میانگین و انحراف استاندارد متغیرها همراه با اندازه اثر مداخله تمرینی و سطح معنی‌داری تغییرات در پیش و پس‌آزمون، در جدول شماره ۳ ارائه شده است. یافته‌ها نشان‌دهنده بهبود شاخص‌های گلبول سفید خون، هماتوکریت، تراکم‌پذیری

می‌شد. بدین ترتیب بنابر بهبود وضعیت جسمانی، مدت‌زمان فاز اصلی ورزش هر جلسه ۱ دقیقه و شدت آن هر هفته تقریباً ۴ درصد حداکثر ضربان قلب افزایش می‌یافت (مدت‌زمان جلسه اول تمرین ۲۰ دقیقه بوده است). ضربان قلب، فشار خون و تغییرات احتمالی الکتروکاردیوگرام هنگام ورزش کنترل شد.

ریکاوری

آخرین مرحله تمرین، هدف کاهش تدریجی ضربان قلب و پایین آوردن تدریجی آهنگ حرکت و برگرداندن بدن به حالت استراحت بود. در اثر ریکاوری ریسک اختلال ریتم قلبی که در موارد توقف ناگهانی تمرین دیده می‌شود کاهش می‌یافت. در طی ریکاوری، برای کمک به کاهش درد عضلانی حین تمرین، فعالیت‌های کششی انجام گرفت. ریکاوری کامل در مدت ۱۰ دقیقه انجام می‌شد (جدول شماره ۱).

پس‌آزمون

بعد از اتمام ۸ هفته تمرین بازتوانی هوازی، برای بررسی اثر تمرین بر متغیرهای مورد مطالعه، پس‌آزمون گرفته شد.

آزمون آماری

از آمار توصیفی میانگین و انحراف استاندارد برای توصیف داده‌ها، از آزمون کولموگروف اسمیرنف برای بررسی نرمال بودن توزیع طبیعی و از آزمون لون برای تعیین تجانس واریانس گروه‌ها استفاده شد. از آمار استنباطی آنالیز کوواریانس و آزمون تی وابسته به همراه آزمون ویلکاکسون برای مقایسه درون‌گروهی و بین‌گروهی اطلاعات جمع‌آوری شده پیش و پس‌آزمون در گروه‌های آزمایش و کنترل، در سطح معنی‌داری $P \leq 0.05$ استفاده شد. عملیات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ صورت گرفت.

جدول ۱. پروتکل تمرین توان‌بخشی قلبی مبتنی بر تمرینات ورزشی

درصد افزایش در هر هفته		تمرین انجام‌شده	برنامه بازتوانی تمرین و زمان‌بندی
شدت	تکرار		
۴ درصد	۲۰ ثانیه	دوچرخه ثابت پایی (۵ الی ۱۰ دقیقه)	بدنه تمرین (۲۰ تا ۴۰ دقیقه)
۴ درصد	۲۰ ثانیه	دوچرخه ثابت دستی (۵ الی ۱۰ دقیقه)	
۴ درصد	۲۰ ثانیه	ال اپتیکال (۵ الی ۱۰ دقیقه)	
۴ درصد	۲۰ ثانیه	تردمیل (۵ الی ۱۰ دقیقه)	
به‌آرامی و بدون مقاومت به مدت ۵ دقیقه انجام شد		راه رفتن یا دوچرخه‌سواری (۵ دقیقه)	گرم کردن (۱۰ دقیقه)
در کل مدت‌زمان پژوهش ثابت، برای هر کشش ۱۰ الی ۱۵ ثانیه، به مدت ۵ دقیقه انجام شد		حرکات کششی (۵ دقیقه)	
به‌صورت ثابت و حرکات یکسان در پایان انجام شد. بدون افزایش مدت و شدت		حرکات کششی (۱۰ دقیقه)	ریکاوری (۱۰ دقیقه)

جدول ۲. مشخصات جمعیت‌شناختی و بالینی بیماران شرکت‌کننده در مطالعه قبل از بازتوانی قلبی

ویژگی‌های جمعیت‌شناختی	میانگین $\pm$ انحراف معیار / فراوانی	
	گروه	کنترل
سن (سال)	۵۱/۹۴ $\pm$ ۲/۹۶	۵۱/۲۹ $\pm$ ۵/۱۰
قد (سانتی‌متر)	۱۷۲/۹۴ $\pm$ ۷/۴۵	۱۷۶/۷۷ $\pm$ ۵/۰۴
وزن (کیلوگرم)	۷۸/۴۱ $\pm$ ۹/۱۶	۸۱/۱۸ $\pm$ ۹
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	۲۶/۲۲ $\pm$ ۱/۸۷	۲۵/۹۴ $\pm$ ۲/۰۴
شاخص سطح بدن (مترمربع)	۱/۹۳ $\pm$ ۰/۱۴	۱/۹۹ $\pm$ ۰/۱۳
انفارکتوس میوکارد ()	۱ نفر	۴ نفر
جراحی بای‌پس عروق کرونر	۳ نفر	۵ نفر
جراحی آنژیوپلاستی عروق کرونر	۱۲ نفر	۸ نفر

طب توانبخشی

مربوط به پلاکت بود. باتوجه به اندازه اثر، در تمامی متغیرها که تفاوت معنی‌دار آن گزارش شد. شدت تأثیرگذاری متغیرها در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل بیشتر بود و عامل مداخله تمرینی تأثیر بهتری نسبت به بی‌تمرینی در این متغیرها داشت. میانگین و انحراف استاندارد متغیرها همراه با اندازه اثر مداخله تمرینی و سطح معنی‌داری تغییرات در پیش‌آزمون و پس‌آزمون، در **جدول شماره ۴** ارائه شده است. یافته‌ها نشان‌دهنده بهبود

اریتروسیت‌ها، لیوپروتئین‌های خون است. مقادیر متغیرهای تری‌گلیسرید، کلسترول و LDL کاهش یافته است ($P < ۰/۰۵$). به ترتیب بیشترین و کمترین تغییر در اثر اعمال برنامه تمرین در گروه آزمایش مربوط به کاهش ۲۳ درصدی تری‌گلیسرید و کمترین تغییر با ۶ درصد مربوط به گلبول قرمز بود. در گروه کنترل بیشترین تغییر مربوط به متغیر کلسترول بود که ۱۹ درصد کاهش داشت. درحالی‌که کمترین تغییر (کمتر از ۱ درصد)

جدول ۳. متغیرهای عملکرد همورولوژیکی عضله قلب در بیماران گروه آزمایش و کنترل قبل و بعد از برنامه بازتوانی

متغیر	گروه تمرین هوازی		گروه کنترل		اندازه اثر					
	میانگین ± انحراف معیار		میانگین ± انحراف معیار							
	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون						
P	P									
آزمایش	آزمایش									
گلبول سفید (میلیون در متر مکعب)	۷/۷۴±۲/۵۹	۸/۸۵±۲/۶۶	۰/۰۰۰*	۷/۶۲±۲/۶۸	۸/۳۳±۲/۱۸	۰/۰۰۰***	۱/۷۶	۰/۰۰۰***	۱/۷۶	۰/۰۰۰***
گلبول قرمز (میلیون در متر مکعب)	۵/۰۷±۰/۶۱	۵/۴۲±۰/۴۸	۰/۱۳۰	۵/۰۱±۰/۵۲	۵/۴۶±۰/۴۴	۰/۱۳۰	—	۰/۱۳۰	—	—
هموگلوبین (گرم بر دسی لیتر)	۱۵/۰۵±۱/۸۴	۱۵/۷۹±۱/۴۹	۰/۶۷۶	۱۵/۱۸±۱/۵۶	۱۵/۸۰±۱/۵۳	۰/۶۷۶	—	۰/۶۷۶	—	—
پلاکت (میلیون در متر مکعب)	۲۶۹/۵۲±۹۷/۲۶	۲۷۱±۹۷/۷۶	۰/۶۰۹	۲۴۹/۲۹±۸۵/۳۸	۲۴۹/۴۷±۸۳/۵۴	۰/۶۰۹	—	۰/۶۰۹	—	—
تراکم‌پذیری اریتروسیت‌ها (میلی‌متر در ساعت)	۹±۳/۶۰	۵/۷۶±۲/۲۲	۰/۰۰۰*	۸/۳۵±۳/۰۴	۶/۵۲±۲/۴۰	۰/۰۰۰**	۵/۵۵	۰/۰۰۰**	۵/۵۵	۶/۷۴
هماتوکریت (گلبول قرمز در میلی‌لیتر خون)	۴۱/۵۴±۴/۷۳	۴۶/۳۲±۶/۸۲	۰/۰۰۰*	۳۹/۷۰±۷/۲۳	۳۴/۱۹±۵/۵۰	۰/۰۰۰*	۵	۰/۰۰۰*	۵	۳/۶
تری‌گلیسرید (میلی گرم بر دسی‌لیتر)	۱۸۹/۲۹±۵۴/۲۲	۱۴۵/۳۳±۳۹/۴۷	۰/۰۰۰**	۲۰۱/۷۰±۸۲/۹۸	۱۷۶/۰۵±۶۶/۸۷	۰/۰۰۰**	۲/۸۸	۰/۰۰۰**	۲/۸۸	۱/۳۴
کلسترول (میلی گرم بر دسی‌لیتر)	۱۸۵/۲۳±۲۶/۰۸	۱۴۹/۹۴±۱۷/۶۷	۰/۰۱۸**	۱۸۹/۱۷±۳۶/۵۱	۱۵۷/۴۷±۲۶/۸۸	۰/۰۰۰**	—	۰/۰۰۰**	—	—
LDL (میلی گرم بر دسی‌لیتر)	۱۲۱/۵۸±۲۲/۷۲	۹۴/۰۵±۱۷/۷۰	۰/۰۰۵**	۱۱۵/۸۸±۳۱/۸۳	۹۳/۱۷±۲۴/۴۹	۰/۰۰۵**	—	۰/۰۰۵**	—	—
HDL (میلی گرم بر دسی‌لیتر)	۴۰/۶۴±۷/۴۴	۴۴/۷۶±۸/۰۳	۰/۰۰۰*	۴۳/۷۶±۷/۱۶	۴۶/۷۰±۷/۳۷	۰/۰۰۰**	—	۰/۰۰۰**	—	—

طب توانبخشی

* اختلاف معنادار در پیش و پس‌آزمون گروه آزمایش، ** اختلاف معنادار در پیش و پس‌آزمون گروه کنترل

جدول ۴. شاخص‌های عملکرد همودینامیکی عضله قلب در بیماران گروه آزمایش و کنترل قبل و بعد از برنامه بازتوانی

متغیرها	گروه تمرین هوازی				گروه کنترل				اندازه اثر	
	میانگین ± انحراف معیار		P		میانگین ± انحراف معیار		P			
	پیش آزمون	پس آزمون			پیش آزمون	پس آزمون				
حجم ضربه‌ای (میلی لیتر)	۶۶/۱۱۱±۱۱/۷۲	۷۰±۱۰/۰۲	۰/۰۰۰**		۶۹/۴۷±۱۰/۹۴	۷۲/۱۷±۹/۲۳	۰/۰۰۰*		آزمایش	کنترل
فشار خون سیستولیک (میلی لیتر بر گرم)	۱۱۹/۴۱±۱۰/۲۸	۱۱۷/۶۴±۵/۶۲	۰/۴۷۷		۱۱۷/۰۵±۷/۷۱	۱۱۸/۲۳±۵/۲۸	۰/۵۲۷		-	-
فشار خون دیاستولیک (میلی لیتر بر گرم)	۷۵/۸۸±۵/۳۷	۷۲/۳۵±۳/۱۲	۰/۰۱۵**		۷۶/۱۷±۵/۷۳	۷۴/۷۰±۳/۷۳	۰/۲۱۸		-	-
ضربان قلب استراحتی (ضربان)	۶۹/۸۲±۱۲/۳۹	۶۰/۲۹±۷/۹۹	۰/۰۰۰**		۷۴/۸۸±۱۱/۸۰	۶۸/۵۲±۸/۰۵	۰/۰۰۱*		۱۰	۵

* اختلاف معنادار در پیش و پس‌آزمون گروه آزمایش، ** اختلاف معنادار در پیش و پس‌آزمون گروه کنترل

طب توانبخشی

درصد) مربوط به ظرفیت عملکردی بود. در گروه کنترل بیشترین تغییر مربوط به کاهش ۱۱ درصدی متغیر حجم پایان سیستول بود و کمترین تغییر مربوط به ظرفیت عملکردی که کمتر از ۱ درصد گزارش شد. باتوجه به اندازه اثر، در تمامی متغیرها که تفاوت معنی‌دار آن گزارش شد، شدت تأثیرگذاری متغیرها در گروه آزمایش نسبت به کنترل بیشتر بود.

بحث

هدف از انجام این پژوهش تأثیر یک دوره تمرین توان‌بخشی قلب بر متغیرهای منتخب همورولوژیکی، همودینامیکی و بیومکانیکی عملکرد قلب مردان میانسال مبتلا به انفارکتوس قلبی بود. نتایج بیانگر تأثیر برنامه بازتوانی بر عملکرد همورولوژیکی، همودینامیکی و بیومکانیکی عملکرد عضله قلب بیماران قلبی شرکت‌کننده در این پژوهش بود.

شاخص فشار خون دیاستولیک، حجم ضربه‌ای و ضربان قلب استراحتی در گروه آزمایش است ($P < 0.05$). متغیری که بیشترین تغییرات را در گروه آزمایش داشت، ضربان قلب استراحتی بود که ۱۳ درصد در نتیجه تمرینات کاهش و بهبود یافت. کمترین تغییر مربوط به فشار خون سیستول با ۱/۵ درصد تغییر بود. در گروه کنترل بیشترین تغییر (۸ درصد) مربوط به متغیر ضربان قلب استراحتی بود و کمترین تغییر مربوط به افزایش فشار خون سیستول (۱ درصد) بود. باتوجه به اندازه اثر، در تمامی متغیرها که تفاوت معنی‌دار آن گزارش شد، شدت تأثیرگذاری متغیرها در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل بیشتر بود.

میانگین و انحراف استاندارد متغیرها همراه با اندازه اثر مداخله تمرینی و سطح معنی‌داری تغییر در پیش‌آزمون و پس‌آزمون، در **جدول شماره ۵** ارائه شده است. یافته‌ها نشان‌دهنده بهبود شاخص ابعاد حفرات قلب، حجم حفرات قلب و کسر جهشی است ($P < 0.05$). در گروه آزمایش حجم پایان سیستول بیشترین تغییر (۱۷ درصد) را در گروه آزمایش، و کمترین تغییر (۳۳/۲)

جدول ۵. شاخص‌های عملکرد بیومکانیک عملکرد عضله قلب در بیماران گروه آزمایش و کنترل قبل و بعد از برنامه بازتوانی

متغیرها	تمرین هوازی				گروه کنترل				اندازه اثر
	میانگین±انحرافمعیار		p	میانگین±انحرافمعیار		p			
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون		پیش‌آزمون	پس‌آزمون				
ظرفیت عملکردی (میزان متابولیسم استراحت)	۶/۵۷±۳/۱۳	۸/۹±۲/۸۶	۰/۶۰۶	۷/۱۳±۱/۹۱	۹/۲۳±۱/۹۰	۰/۶۰۶	-	-	
حجم پایان دیاستول (میلی لیتر)	۱۴۰/۹۴±۹/۰۳	۱۲۷/۴۷±۷/۳۰	۰/۰۰۰*	۱۴۴/۲۹±۱۰/۲۴	۱۳۵/۷۶±۹/۳۰	۰/۰۰۰*	۱۳/۴۷	۸/۵۲	
حجم پایان سیستول (میلی لیتر)	۷۴/۷۶±۱۶/۷۹	۵۷/۴۷±۱۳/۳۷	۰/۰۰۰*	۷۴/۸۲±۱۶/۷۹	۶۳/۵۸±۱۴/۸۱	۰/۰۰۰*	۴/۹۷	۴/۶۱	
کسر جهشی (درصد)	۴۷/۳۵±۹/۷۰	۵۵/۲۹±۸/۹۲	۰/۰۰۰*	۴۸/۸۲±۹/۲۷	۵۳/۷۰±۸/۷۷	۰/۰۰۰*	۱۰	۵	
قطرپایان دیاستول (میلی متر)	۵۰/۷۶±۵/۰۳	۴۵/۹۴±۴/۶۹	۰/۰۰۰*	۵۱/۵۲±۴/۱۸	۴۸/۴۱±۴/۱۵	۰/۰۰۰*	۵	۳	
قطرپایان سیستول (میلی متر)	۳۵/۱۷±۵/۱۷	۲۹/۴۱±۳/۲۶	۰/۰۰۰*	۳۶±۵/۳۹	۳۲/۸۸±۴/۹۸	۰/۰۰۰*	۵	۳	

* اختلاف معنادار در پیش و پس‌آزمون گروه آزمایش، ** اختلاف معنادار در پیش و پس‌آزمون گروه کنترل

طب توانبخشی

متغیرهای هماتولوژیک

مطالعه روی متغیرهای منتخب هماتولوژیک خون، افزایش معناداری در تعداد گلبول‌های سفید خون در گروه آزمایش نسبت به قبل از برنامه بازتوانی را نشان داد. این تغییرات در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل معنی‌دار بود ($P < 0.05$) که با یافته‌های محمدنژاد و همکاران [۱۴] و کاراکوک و همکاران [۱۵] همخوانی دارد. علت احتمالی این همخوانی می‌تواند نوع تمرین مورد استفاده در برنامه توانبخشی باشد. با این استدلال که گلبول‌های سفید خون که وظیفه دفاع در مقابل آلودگی‌ها را در بدن برعهده دارند، در پاسخ به فعالیت‌های ورزشی متوسط تا شدید، تا سرحد خستگی، افزایش می‌یابند.

تعداد گلبول‌های قرمز خون در هر دو گروه آزمایش نسبت به قبل از برنامه بازتوانی و کنترل که در برنامه تمرینی شرکت نداشتند، تفاوت معناداری نشان نداد ($P > 0.05$) که با یافته‌های محمدنژاد و همکاران [۱۴]، امیدعلی و همکاران [۱۶] و زر و همکاران [۱۷] همخوانی دارد، اما با یافته‌های چورچ و همکاران [۱۸]، حیدری و همکاران [۱۹]، قرارعاری و همکاران [۲۰]، کاراکوک و همکاران [۱۵] و نظرعلی و همکاران [۲۱] همخوانی ندارد. به نظر می‌رسد بتوان این تفاوت را به نوع آزمودنی و سن شرکت‌کنندگان در تمرین مرتبط دانست. باتوجه به اینکه گلبول قرمز وظیفه اکسیژن‌رسانی در خون را به عهده دارد و افزایش آن باعث عملکرد بهتر بدن می‌شود. در این پژوهش تغییر گلبول قرمز معنادار نبود. توجه احتمالی بروز این مسئله می‌تواند ناشی از احتمال آسیب و صدمه به گلبول‌های قرمز (همولیز) ناشی از تمرین و صدمه به گلبول‌های پیر در جریان‌های گردابی کوچک باشد.

هماتوکریت در گروه آزمایش نسبت به قبل از برنامه بازتوانی افزایش معناداری داشت. این تغییرات در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل معنی‌دار بود ($P < 0.05$) که با یافته‌های حیدری و همکاران [۱۹]، زر و همکاران [۱۷] و نظرعلی و همکاران [۲۱] همخوانی دارد و با یافته‌های امیدعلی و همکاران [۱۶] و قرارعاری و همکاران [۲۰] همخوانی ندارد. علت احتمالی این ناهمخوانی می‌تواند به عوامل تأثیرگذار در تمرین، مثل مصرف مکمل‌ها و سن شرکت‌کنندگان مربوط باشد. به نظر می‌رسد افزایش معنادار هماتوکریت (بلافاصله پس از فعالیت) احتمالاً حاکی از تغلیظ خون و انتقال مایعات به خارج از عروق خونی است.

هموگلبین در هر دو گروه آزمایش نسبت به قبل از برنامه بازتوانی و کنترل که در برنامه تمرینی شرکت نداشتند، تفاوت معناداری نشان نداد ($P > 0.05$) که با یافته‌های محمدنژاد و همکاران [۱۴] و امیدعلی و همکاران [۱۶] همخوانی دارد، اما با یافته‌های حیدری و همکاران [۱۹]، زر و همکاران [۱۷].

قرارعاری و همکاران [۲۰]، کاراکوک و همکاران [۱۵] و نظرعلی و همکاران [۲۱] همخوانی ندارد. به نظر می‌رسد علت احتمالی این همخوانی و ناهمخوانی را می‌توان به نوع تمرینات و سن آزمودنی‌های متفاوت این دو مطالعه مرتبط دانست. باتوجه به اینکه هموگلبین پروتئینی است که در گلبول‌های قرمز خون وجود دارد و نقش آن حمل و نقل است، توجه احتمالی علت عدم تفاوت را می‌توان به تغییر نکردن تعداد گلبول قرمز هموگوبین مرتبط دانست.

پلاکت در هر دو گروه آزمایش نسبت به قبل از برنامه بازتوانی و کنترل که در برنامه تمرینی شرکت نداشتند، تفاوت معناداری نشان نداد ($P > 0.05$) که با یافته‌های محمدنژاد و همکاران [۱۴] همخوانی دارد، اما با یافته‌های زر و همکاران [۱۷] و کاراکوک و همکاران [۱۵] همخوانی ندارد. علت احتمالی را می‌توان به نوع، شدت و مدت تمرین مرتبط دانست.

باتوجه به اینکه شدت و مدت ورزش از عوامل تأثیرگذار بر میزان پلاکت هستند، علت احتمالی را می‌توان به شدت و مدت تمرین، مرتبط دانست. علاوه بر این هورمون‌های اپی نفرین و نوراپی نفرین از طریق انقباض طحال و خروج پلاکت‌ها باعث افزایش پلاکت‌های خون می‌شوند که این دو هورمون خود بعد از ورزش افزایش می‌یابند.

در گروه آزمایش نرخ رسوب گلبول قرمز^۱ (ESR) نسبت به قبل از برنامه بازتوانی کاهش معناداری داشت. ضمناً این تغییرات در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل معنی‌دار بود ($P < 0.05$) که با یافته‌های قرارعاری [۲۰] و نظرعلی و همکاران [۲۱] همخوانی دارد. علت احتمالی این کاهش را می‌توان به تجمع یا سرعت رسوب سلولی مرتبط دانست. در اندازه‌گیری آن، عواملی چون تغییر محتوای پروتئین‌های خون، تغییر گلوبولین بر سرعت رسوب آن‌ها اثر می‌گذارد. افزایش هماتوکریت هم می‌تواند دلیلی بر کاهش سرعت رسوب گویچه‌های خونی باشد.

تری‌گلیسرید، کلسترول و LDL در گروه آزمایش نسبت به قبل از برنامه بازتوانی کاهش معناداری داشتند. ضمناً این تغییرات در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل معنی‌دار بود ($P < 0.05$). HDL در گروه آزمایش نسبت به قبل از برنامه بازتوانی افزایش معناداری داشت. ضمناً این تغییرات در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل معنی‌دار بود ($P < 0.05$) که با یافته‌های کلی و همکاران [۲۲] و افضل آقایی [۲۳] همخوانی دارد که بیان می‌کنند احتمالاً تمرین هوازی بهبود معناداری در تمامی اجزای پروفایل چربی را نشان می‌دهد که از لحاظ کلینیکی دارای اهمیت است. با در نظر گرفتن این موضوع می‌توان در بیماران با مصرف داروهای ضد چربی حاضر در بازتوانی قلبی، تعدیلات دارویی در نظر گرفت.

1. Erythrocyte Sedimentation Rate (ESR)

متغیرهای همودینامیک

مطالعه روی متغیرهای همودینامیک خون نشان داد حجم ضربه‌ای در گروه آزمایش نسبت به قبل از برنامه بازتوانی افزایش معناداری داشت. ضمناً این تغییرات در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل معنی‌دار بود ($P < 0.05$) که با یافته‌های صارمی و همکاران [۲۴] و بساطی و همکاران [۲۵] همخوانی دارد. احتمالاً چون ضربان قلب استراحت در نتیجه ورزش کاهش می‌یابد، ممکن است باعث طولانی شدن دوره پر شدن بطن و در نتیجه افزایش حجم ضربه‌ای در نتیجه مکانیسم فرانک استارلینگ در این بیماران باشد، اما چون حجم‌ها و قطرهای کاهش می‌یابد نشان می‌دهد احتمالاً کاهش ضربان قلب به‌تنهایی عامل عمده در افزایش حجم ضربه‌ای و کسر جهشی نیست.

فشار خون سیستولیک در هر دو گروه آزمایش نسبت به قبل از برنامه بازتوانی و کنترل که در برنامه تمرینی شرکت نداشتند، تأثیر معناداری نشان نداد ($P > 0.05$) که با یافته‌های رزاقی و همکاران [۲۶] و شیخ‌الاسلامی و همکاران [۲۷] همخوانی داشت و با یافته‌های روشن و همکاران [۲۸]، قلمقاش و همکاران [۲۹]، صارمی و همکاران [۲۴] و بساطی و همکاران [۲۵]، شروورد و همکاران [۳۰] همخوانی ندارد. در توجیه این موضوع که در این پژوهش فشار سیستولیک تغییر معناداری پیدا نکرد می‌توان گفت تمرینات ممکن است به مدت‌زمان و تکرار بیشتر جهت کاهش یافتن فشار خون نیاز داشته باشد و یا تنها در افرادی اثرگذار است که دچار پرفشار خونی هستند.

یافته‌های پژوهش درباره تأثیر ۸ هفته تمرین هوازی بر فشار خون سیستولیک مردان سالمند مبتلا به بیماری قلبی نشان داد تفاوت معناداری در فشار خون سیستولیک به دنبال یک دوره تمرین ایجاد نشد. این نتایج با یافته‌های برخی از پژوهش‌های انجام‌شده [۱۶، ۱۷] همخوانی داشت و با نتایج گزارش‌شده از سوی برخی پژوهشگران [۱۸-۲۴] همخوانی نداشت. فشار خون دیاستولیک در گروه آزمایش نسبت به قبل از برنامه بازتوانی کاهش معناداری داشت. ضمناً این تغییرات در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل معنی‌دار بود ($P < 0.05$) که با یافته‌های روشن و همکاران [۲۸] همخوانی دارد، اما با یافته‌های قلمقاش و همکاران [۲۹]، صارمی و همکاران [۲۴] و بساطی و همکاران [۲۵] همخوانی ندارد. امروزه فعالیت‌های ورزشی به همراه درمان دارویی برای درمان فشار خون به کار گرفته می‌شود، در افراد میانسال و سالمند احتمالاً مداخله تأثیر زیادی بر روی فشار خون نداشته است و فقط باعث کاهش در فشار خون دیاستولی شده است.

تعداد ضربان قلب استراحتی در گروه آزمایش نسبت به قبل از برنامه بازتوانی کاهش معناداری داشت. ضمناً این تغییرات در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل معنی‌دار بود ($P < 0.05$) که

با یافته‌های روشن و همکاران [۲۸]، مایورانا و همکاران [۳۱]، هامپرچت و همکاران [۳۲] و قلمقاش و همکاران [۲۹] همخوانی داشت، اما با یافته‌های صارمی و همکاران [۲۴] همخوانی ندارد. کاهش ضربان قلب استراحت در کلیه افراد پس از تمرین ورزش، از دستاوردهای مهم ورزش و فعالیت فزاینده است که نشانگر افزایش برون‌ده قلب است. افزایش برون‌ده قلب موجب کاهش ضربان قلب استراحت می‌شود و با افزایش حجم ضربه‌ای هم ارتباط مستقیمی دارد.

متغیرهای بیومکانیک

مطالعه روی متغیرهای بیومکانیک عملکرد قلب نشان داد ظرفیت عملکردی در هر دو گروه آزمایش نسبت به قبل از برنامه بازتوانی و کنترل که در برنامه تمرینی شرکت نداشتند، تأثیر معناداری نشان نداد ($P > 0.05$) که با یافته‌های قلمقاش و همکاران [۲۹] و اسمارت و همکاران [۳۳] همخوانی ندارد. کاهش ظرفیت عملکردی در بیماران قلبی پس از عمل پیوند بای‌پس شریان کرونر می‌تواند مربوط به کاهش قدرت عضلانی شود. طبق مطالعات انجام‌شده علت عدم تأثیر ظرفیت عملکردی قلب^۲ (METs) در این پژوهش احتمالاً نوع تمرین موردنظر است. تمرین مقاومتی نسبت به تمرین هوازی تأثیر بهتری بر روی ظرفیت عملکردی دارد.

حجم پایان سیستول در گروه آزمایش، نسبت به قبل از برنامه بازتوانی کاهش معنی‌داری داشت. ضمناً این تغییرات در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل معنی‌دارتر بود ($P > 0.05$) که با یافته‌های اسمارت و همکاران [۳۳] و بساطی و همکاران [۲۵] همخوانی دارد، اما با یافته‌های یو و همکاران [۳۴] همخوانی ندارد. از آنجایی که سیستول و دیاستول پروسه‌های اکتیو هستند و در سیکل قلبی مکمل یکدیگرند، هر دوی آن‌ها به اتفاق در کل عملکرد قلب سهیم هستند. به‌طور بالینی، عموماً پس از انفارکتوس قلبی اندازه حفره بطنی به‌صورت پاتولوژیک بزرگ می‌شود، در این صورت کاهش سایز بطن چپ وابسته به بهبود نتایج درمان و بازتوانی قلبی است. حجم پایان دیاستول در گروه آزمایش، نسبت به قبل از برنامه بازتوانی کاهش معنی‌داری داشت. ضمناً این تغییرات در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل معنی‌دارتر بود ($P > 0.05$) که با یافته‌های اسمارت و همکاران [۳۳] و بساطی و همکاران [۲۵] همخوانی دارد، اما با یافته‌های یو و همکاران [۳۴] مغایرت دارد. یافته‌های حاصل از پژوهش یو و همکاران بر روی عملکرد سیستولی نشان داد تمرینات هوازی هیچ تغییری در عملکرد سیستولی ایجاد نکرده، ولی ظرفیت تمرینی بیماران پیشرفت پیدا کرد. درحالی که نتایج مطالعه اسمارت و همکاران که تأثیر تمرینات ورزشی را بر عملکردهای قلبی، کیفیت زندگی و ظرفیت عملکردی بیماران مبتلا به نقص عملکرد سیستولی و

2. Metabolic Equivalent of Task (METs)

دیاستولی بررسی کردند نشان دادند تمرینات ورزشی باعث بهبود عملکرد سیستولی (کسر تخلیه‌ای، حجم پایان دیاستولی، حجم پایان سیستولی، حجم ضربه‌ای) می‌شوند. همچنین ظرفیت تمرین در این بیماران افزایش معنی‌دار پیدا کرد.

کسر جهشی در گروه‌های آزمایش نسبت به قبل از برنامه بازتوانی افزایش معنی‌داری داشت. تغییرات کسر جهشی در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل معنی‌دارتر بود ($P > 0.05$). نتیجه‌ای که با یافته‌های صادقی و همکاران [۲۵]، اسمارت و همکاران [۳۳]، پاییساک و همکاران [۳۶] و بساطی و همکاران [۲۵]، باغبان و همکاران [۳۷] همخوانی دارد، اما با یافته‌های کوب و همکاران [۳۸] که مقادیر کسر جهشی را بدون تغییر گزارش کرده است همخوانی ندارد. علت این همخوانی تشابه نوع تمرینات و سن آزمودنی‌ها و افراد دچار بیماری قلبی بود. کسر جهشی به‌عنوان شاخص نیروی انقباضی قلب، از پیش‌بینی‌کننده‌های مهم و تعیین‌کننده روند بیماری در بیماران شریان کرونری قلب است. کسر جهشی کمتر از ۴۰ درصد، نشان‌دهنده کاهش عملکرد بطن چپ است و احتمالاً نیاز به درمان نارسایی قلب را مطرح می‌کند.

قطر پایان دیاستولیک بطن چپ در گروه‌های آزمایشی، نسبت به قبل از برنامه بازتوانی کاهش معنی‌داری داشت. ضمناً این تغییرات در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل معنی‌دارتر بود ($P > 0.05$) که با یافته‌های بساطی و همکاران [۲۵] همخوانی دارد. ضمن اینکه بساطی و همکاران میزان کاهش را معنی‌دار گزارش نکردند. ضمناً یافته‌های این پژوهش با یافته‌های صادقی و همکاران [۲۵]، یو و همکاران [۳۴] تناقض داشت. بساطی و همکاران در ضمن، افزایش قطر پایان دیاستول در گروه کنترل را گزارش کردند. قطر پایان سیستولیک بطن چپ در گروه‌های آزمایشی، نسبت به قبل از برنامه بازتوانی کاهش معنی‌داری داشت. ضمناً این تغییرات در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل معنی‌دارتر بود ($P > 0.05$) که با یافته‌های هامبرجت و همکاران [۳۲] همخوانی دارد، اما با یافته‌های صادقی و همکاران [۳۵]، بساطی و همکاران [۲۵]، اسمارت و همکاران [۳۳] و یو و همکاران [۳۴] در تناقض است. در پژوهش‌هایی که تغییری در قطرهای پایان سیستولی و پایان دیاستولی دیده نشد، عدم تغییر را احتمالاً در کوتاه بودن دوره فعالیت ورزشی (۳ تا ۴ هفته) و یا کم بودن شدت تمرین ذکر کرده‌اند و تأثیر تمرین توان‌بخشی را بدون تأثیر بیان کردند.

نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج، با وجود ماهیت اثرگذاری تمرینات هوازی بر متغیرهای مختلف خون، برنامه ۸ هفته‌ای تمرین هوازی استفاده‌شده در این پژوهش، برای بهبود عملکرد متغیرهای هموروئولژیک (شامل گلبول‌های سفید خون، هماتوکریت، ESR

و لیپوپروتئین‌ها)، همودینامیک (شامل حجم ضربه‌ای، تعداد ضربان قلب استراحتی و فشار خون دیاستولیک) و عملکرد بیومکانیکی عضله قلب (شامل ابعاد حفره قلب، حجم حفرات قلب و کسر جهشی) بیماران قلبی کارساز است. از این رو درمانگران می‌توانند از این پروتکل به‌عنوان برنامه تمرینی تکمیلی، برای بهبود عملکرد متغیرهای ذکر شده بیماران قلبی استفاده کنند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق دانشگاه خوارزمی در نظر گرفته شده و کد اخلاق به شماره (IR.KHU.KRC.1000.270) دریافت شده است.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه محدثه یاور در گروه بیومکانیک ورزشی دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی است. این پژوهش هیچ‌گونه کمک مالی از سازمانی‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت‌نویسندگان

همه نویسندگان به‌طور یکسان در مفهوم و طراحی مطالعه، جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها، تفسیر نتایج و تهیه پیش‌نویس مقاله مشارکت داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از همکاری تمامی بیمارانی که در این مطالعه شرکت کردند، سپاس‌گزاری می‌کنند.

References

- [1] Khaledan A, Hamidi Tehrani J. [The effect of aerobic exercise on heart function of heart attack patients (Persian)]. *The Journal of Movement*. 2000; 2(4):5-20. [\[Link\]](#)
- [2] Vasan RS, Sullivan LM, Rouvenoff R, Dinarello CA, Harris T, Benjamin EJ, et al. Inflammatory markers and risk of heart failure in elderly subjects without prior myocardial infarction: The Framingham Heart Study. *Circulation*. 2003; 107(11):1486-91. [\[DOI:10.1161/01.CIR.0000057810.48709.F6\]](#) [\[PMID\]](#)
- [3] Mansoorian M, Qorbani M, Shafieyan N, Asayesh H, Rahimzadeh Barzaki H, Shafieyan ZA, et al. [Association between life style and hypertension in rural population of Gorgan (Persian)]. *Journal of Health Promotion Management*. 2012; 1(2):23-8. [\[Link\]](#)
- [4] Birk GK, Dawson EA, Atkinson C, Haynes A, Cable NT, Thijssen DH, et al. Brachial artery adaptation to lower limb exercise training: Role of shear stress. *Journal of Applied Physiology*. 2012; 112(10):1653-8. [\[DOI:10.1152/jappphysiol.01489.2011\]](#) [\[PMID\]](#)
- [5] Balady GJ, Williams MA, Ades PA, Bittner V, Comoss P, Foody JM, et al. Core components of cardiac rehabilitation/secondary prevention programs: 2007 update: A scientific statement from the American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee, the Council on Clinical Cardiology; the Councils on Cardiovascular Nursing, Epidemiology and Prevention, and Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. *Circulation*. 2007; 115(20):2675-82. [\[DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.106.180945\]](#) [\[PMID\]](#)
- [6] Pfeffer MA, Braunwald E. Ventricular remodeling after myocardial infarction. Experimental observations and clinical implications. *Circulation*. 1990; 81(4):1161-72. [\[DOI:10.1161/01.CIR.81.4.1161\]](#) [\[PMID\]](#)
- [7] Lavie CJ, Arena R, Swift DL, Johannsen NM, Sui X, Lee DC, et al. Exercise and the cardiovascular system: Clinical science and cardiovascular outcomes. *Circulation Research*. 2015; 117(2):207-19. [\[DOI:10.1161/CIRCRESAHA.117.305205\]](#) [\[PMID\]](#)
- [8] Clevelandclinic. What is Hemodynamics. Ohio: Clevelandclinic; 2022. [\[Link\]](#)
- [9] Lee KW, Blann AD, Jolly K, Lip GY; BRUM Investigators. Plasma haemostatic markers, endothelial function and ambulatory blood pressure changes with home versus hospital cardiac rehabilitation: The Birmingham Rehabilitation Uptake Maximisation Study. *Heart*. 2006; 92(12):1732-8. [\[DOI:10.1136/hrt.2006.092163\]](#) [\[PMID\]](#)
- [10] Sadeghi H. [Introduction To Biomechanics Of Sports (Persian)]. Tehran: Samt publishers; 2017. [\[Link\]](#)
- [11] Voorhees AP, Han HC. Biomechanics of cardiac function. *Comprehensive Physiology*. 2015; 5(4):1623-44. [\[DOI:10.1002/cphy.c140070\]](#) [\[PMID\]](#)
- [12] Fomovsky GM, Clark SA, Parker KM, Ailawadi G, Holmes JW. Anisotropic reinforcement of acute anteroapical infarcts improves pump function. *Circulation-Heart Failure Journal*. 2012; 5(4):515-22. [\[DOI:10.1161/CIRCHEARTFAILURE.111.965731\]](#) [\[PMID\]](#)
- [13] Zornoff L A, Paiva SA, Duarte DR, Spadaro J. Ventricular remodeling after myocardial infarction: concepts and clinical implications. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia Journal*. 2009; 92(2):150-64. [\[DOI:10.1590/S0066-782X2009000200013\]](#)
- [14] Mohammad Najad Panah Kandi Y, Mohammad Najad Panah Kandi A, Shahidi F, Masoudian B. [The effect of a maximal aerobic exercise session in the morning and afternoon on certain hematological factors in young athletes (Persian)]. *Razi Journal of Medical Sciences*. 2013; 20(106):20-9. [\[Link\]](#)
- [15] Karakoc Y, Duzova H, Polat A, Emre MH, Arabaci I. Effects of training period on haemorheological variables in regularly trained footballers. *British Journal of Sports Medicine*. 2005; 39(2):e4. [\[DOI:10.1136/bjism.2003.010637\]](#) [\[PMID\]](#)
- [16] Omidali F, Hamzelo M. [The effect of interval training combined with iron supplementation on aerobic capacity and some blood indices in 15- to 18-year-old boys (Persian)]. *Feyz Medical Sciences Journal*. 2017; 21(2):142-8. [\[Link\]](#)
- [17] Zar A, Ahmadi M, Ahmadi F, Hoseini A. [Comparison of the effects of acute moderate-and high-intensity aerobic exercise on changes in hematological parameters and exercise-induced thrombocytosis in female college futsal players (Persian)]. *Pars Journal of Medical Sciences*. 2018; 16(3):17-24. [\[Link\]](#)
- [18] Church TS, Lavie CJ, Milani RV, Kirby GS. Improvements in blood rheology after cardiac rehabilitation and exercise training in patients with coronary heart disease. *American Heart Journal*. 2002; 143(2):349-55. [\[DOI:10.1067/mhj.2002.119758\]](#) [\[PMID\]](#)
- [19] Heidarishahreza A, Jali M, Bagherian M. [Effects of a period of selected aerobic exercise on the levels of hemoglobin, hematocrit and red blood cells in pregnant women (Persian)]. *Koomesh*. 2011; 13(1):e152499. [\[Link\]](#)
- [20] Gharari Arefi R, Chobine S, Kordi MR. [The effect of a high-intensity interval training on some of factors affecting erythrocyte sedimentation rate in sedentary young men (Persian)]. *Journal of Practical Studies of Biosciences in sports*. 2016; 3(6):74-83. [\[DOI:10.22077/jpsbs.2016.67\]](#)
- [21] Nazarali P, Sarvari S, Ramezankhani A. [The effect of maximal endurance training on hemorheological factors of national athletes of triathlon (Persian)]. *Journal of Sport Biosciences*. 2013; 4(15):63-75. [\[DOI:10.22059/jsb.2013.29778\]](#)
- [22] Kelley GA, Kelley KS. Aerobic exercise and lipids and lipoproteins in men: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Men's Health and Gender*. 2006; 3(1):61-70. [\[DOI:10.1016/j.jmhg.2005.09.003\]](#) [\[PMID\]](#)
- [23] Afzalaghaiee E, Hadian MR, Attarbashi MB, Tavakol K, Zandparsa AF, Jalaei S, et al. [The effects of cardiac rehabilitation on changes in the lipid profile of Iranian male and female with coronary artery disease referred to Emam Khomeini Hospital Complex (Persian)]. *Journal of Modern Rehabilitation*. 2010; 4(1):45-49. [\[Link\]](#)
- [24] Saremi A, Farahani A, Shavandi N. [Cardiac adaptations (structural and functional) to regular mountain activities in middle-aged men (Persian)]. *Arak Medical University Journal*. 2017; 20(6):31-40. [\[Link\]](#)

- [25] Basati F, Kargarfard M, Sadeghi M, Golabchi A, Rozbahani R. [Effects of a cardiac rehabilitation program on left ventricular systolic function and mass in patient after myocardial infarction (Persian)]. *Journal of Isfahan Medical School*. 2012; 30(187):561-71. [\[Link\]](#)
- [26] Razaghi A, Sadeghi H, Johari Moghadam A, Azma K, Motamedi P. [The effect of exercise-based cardiac rehabilitation in two ways aerobic and aerobic-resistance exercises on the biomechanical function of cardiac patients (MI, PCI, and CABG) (Persian)]. *Razi Journal of Medical Sciences*. 2020; 26(12):138-48. [\[Link\]](#)
- [27] Sheykholeslami Vatani D, Ahmad S, Mojtahedi H, Marandi M, Ahmadi deharshid K, Faraji H, et al. [Effect of moderate and high intensity resistant exercises on cardiovascular risk factors in none-athlete university students (Persian)]. *Kowsar Medical Journal*. 2011; 16(2):115-21. [\[Link\]](#)
- [28] Shokrolaniaroshan A, Sadeghi H, Shirani Sh, Nejatian M. [The effect of strength training and cardiac rehabilitation program on biomechanical parameters of blood flow velocity and intensity and its relationship with vessel stiffness in brachial and femoral arteries in coronary artery bypass graft patients (Persian)]. *Archives of Rehabilitation*. 2013; 14(52):38-45. [\[Link\]](#)
- [29] Ghalamghash R, Goshe B, Omrani A, Keyhani M, Fallahi A. [Effects of cardiac rehabilitation on functional capacity of patients with heart valve surgery (Persian)]. *Journal of Medical Council of Iran*. 2008; 26(2):213-21. [\[Link\]](#)
- [30] Schroeder EC, Ranadive SM, Yan H, Lane-Cordova AD, Kappus RM, Cook MD, et al. Effect of acute maximal exercise on vasodilatory function and arterial stiffness in African-American and white adults. *Journal of Hypertension*. 2019; 37(6):1262-8. [\[DOI:10.1097/HJH.0000000000002049\]](#) [\[PMID\]](#)
- [31] Maiorana A, O'Driscoll G, Cheetham C, Dembo L, Stanton K, Goodman C, et al. The effect of combined aerobic and resistance exercise training on vascular function in type 2 diabetes. *Journal of the American College of Cardiology*. 2001; 38(3):860-6. [\[DOI:10.1016/S0735-1097\(01\)01439-5\]](#) [\[PMID\]](#)
- [32] Hambrecht R, Wolf A, Gielen S, Linke A, Hofer J, Erbs S, et al. Effect of exercise on coronary endothelial function in patients with coronary artery disease. *The New England Journal of Medicine*. 2000; 342(7):454-60. [\[DOI:10.1056/NEJM200002173420702\]](#) [\[PMID\]](#)
- [33] Smart N, Haluska B, Jeffriess L, Marwick TH. Exercise training in systolic and diastolic dysfunction: Effects on cardiac function, functional capacity, and quality of life. *American Heart Journal*. 2007; 153(4):530-6. [\[DOI:10.1016/j.ahj.2007.01.004\]](#) [\[PMID\]](#)
- [34] Yu CM, Li LS, Lam MF, Siu DC, Miu RK, Lau CP. Effect of a cardiac rehabilitation program on left ventricular diastolic function and its relationship to exercise capacity in patients with coronary heart disease: experience from a randomized, controlled study. *American Heart Journal*. 2004; 147(5):e24. [\[DOI:10.1016/j.ahj.2003.12.004\]](#) [\[PMID\]](#)
- [35] Sadeghi M, Garakyaraghi M, Khosravi M, Taghavi M, Sarrafzadegan N, Roohafza H. The impacts of cardiac rehabilitation program on echocardiographic parameters in coronary artery disease patients with left ventricular dysfunction. *Cardiology Research and Practice*. 2013; 2013:201713. [\[DOI:10.1155/2013/201713\]](#) [\[PMID\]](#)
- [36] Pabisiak A, Bromboszcz J, Kmiec S, Dendura M, Dabrowski Z, Smolenski O. Changes in the complete blood count and blood rheology in patients after myocardial infarction participating in the rehabilitation programme. *Clinical Hemorheology and Microcirculation*. 2015; 61(3):541-7. [\[DOI:10.3233/CH-151954\]](#) [\[PMID\]](#)
- [37] Baghban-baghdadabadi M, Sadeghi H, Matinhomae H, Sokhangooi Y. [The effect of two methods of aerobic and parallel training on selected biomechanical variable of blood on bilateral femoral artery in patients 40 to 65 years old following coronary angioplasty (Persian)]. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2021; 10(3):508-21. [\[DOI:10.32598/SJRM.10.3.11\]](#)
- [38] Cobb FR, Williams RS, McEwan P, Jones RH, Coleman RE, Wallace AG. Effects of exercise training on ventricular function in patients with recent myocardial infarction. *Circulation*. 1982; 66(1):100-8. [\[DOI:10.1161/01.CIR.66.1.100\]](#) [\[PMID\]](#)