

Research Paper

Effect of Eight Weeks of Aerobic Exercise on Selected Blood Biomechanical Variables in the Bilateral Femoral Artery of Middle-aged Men



Atefe Mehrafrazi¹, *Heydar Sadeghi^{1,2}, Mona Eghbal Behbahani³, Mostafa Nejatian⁴

1. Department of Sport Biomechanics and Injuries, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.
2. Department of Sport Biomechanics and Rehabilitation, Kinesiology Research Center, Kharazmi University, Tehran, Iran.
3. Department of Sport Biomechanics and Injuries, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Azad University, Karaj, Iran.
4. MD, PT, Cardiac Rehabilitator, Head of Rehabilitation Center of Tehran Heart Hospital, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.



Citation Mehrafrazi A, Sadeghi H, Eghbal Behbahani M, Nejatian M. [Effect of Eight Weeks of Aerobic Exercise on Selected Blood Biomechanical Variables in the Bilateral Femoral Artery of Middle-aged Men (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2023; 12(5):856-867. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.5.3>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.5.3>



ABSTRACT

Background and Aims A sedentary lifestyle can lead to cardiovascular diseases such as atherosclerosis. Despite the use of therapeutic interventions such as angioplasty in patients with atherosclerosis, the recurrence of stenosis is possible. Rehabilitation exercises can improve the function and structure of blood vessels by improving the biomechanics of the blood flow. In this study, we aim to assess the effect of eight weeks of aerobic exercise on selected blood biomechanical variables in the bilateral femoral artery of middle-aged men up to seven days after coronary angioplasty.

Methods In this quasi-experimental study, participants were 30 men with coronary angioplasty aged 45-60 years, referred to the cardiac rehabilitation clinic of Tehran Heart Hospital. They were assigned to two exercise and control groups. Their systolic and diastolic blood velocity, pressure, and intensity were first measured. The aerobic exercise program was then performed according to the American College of Sports Medicine instructions. Analysis of covariance, paired t-test, or Wilcoxon test were used based on their results. The significance level was set at 0.05.

Results The resting heart rate and systolic and diastolic blood pressures were at the same level in both groups, but the maximum heart rate of the control group was lower. The results showed no significant difference between two groups in any blood variables.

Conclusion The effect of aerobic exercise was not confirmed in this study, may be due to heart disease or structural changes in the arteries (increased arterial stiffness and decreased arterial elasticity, especially in peripheral arteries). To increase the effect of rehabilitation exercises on peripheral arteries rather than central arteries, more intensity and duration of exercises are recommended to achieve the desired result.

Keywords Coronary angioplasty, Femoral artery, Aerobic exercise, Middle-aged men, Blood biomechanical variables

Received: 03 Jun 2021

Accepted: 18 Oct 2021

Available Online: 23 Nov 2023

* Corresponding Author:

Heydar Sadeghim, Professor.

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

Tel: +98 (912) 2453175

E-Mail: h.sadeghi@khu.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Cardiovascular diseases are among the most prevalent diseases, especially in the elderly. A sedentary lifestyle leads to cardiovascular diseases, including atherosclerosis, which refers to abnormal accumulation of fat in the arteries which causes their walls to become narrow, disrupting the blood supply and finally causing ischemic heart attacks. Therefore, atherosclerosis of the aorta, coronary arteries, and peripheral arteries, including the brachial and femoral arteries in these patients is important. Due to the low elasticity and the predominance of muscular tissue and more stiffness in peripheral arteries such as the common femoral artery, compared to central arteries, the estimation of biomechanical parameters of blood and vessels in healthy peripheral arteries (criteria for a healthy artery) and their comparison with those of central arteries are important.

One of the new technologies in the treatment of atherosclerosis is angioplasty, but its reoccurrence is still the main problem. To face this challenge, the identification of the benefits of exercise against cardiovascular diseases led to the development of cardiac rehabilitation programs in hospitals or other rehabilitation centers. The effect of exercise on vital body organs is different. In fact, blood and vein tissue are two important components of the circulatory system, which affect the health of the heart. Biomechanical changes in blood, including blood viscosity and density changes, occur in different conditions and play an important role in the forces applied to the artery walls, oxygen delivery, and blood pressure regulation, especially in pathological conditions such as atherosclerosis.

There are many differences regarding the intensity, duration, and type of exercise program, as well as the effect of various aerobic, resistance, and strength exercises on blood biomechanical variables. In this study, we aim to assess the effect of eight weeks of aerobic exercise on selected biomechanical variables of blood in the bilateral femoral artery of middle-aged men after coronary angioplasty.

Materials and Methods

This is a quasi-experimental, prospective study with a pre-test/post-test design. Participants were 30 men aged 45-60 years who referred to the cardiac rehabilitation clinic of Tehran Heart Hospital and underwent coronary angioplasty, divided in two exercise (n=15) and control (n=15) groups. For sampling, the total score of the physi-

ological health questionnaire and the doctor's diagnosis, as well as the type and severity of the disease, were determined according to their medical records, and the subjects were thus divided into three groups: high-risk, medium-risk, and low-risk. Then, 30 patients were selected from the low-risk category. The sample size was determined using G*power software, taking into account a test power of 0.80, effect size of 0.45, and significance level of 0.05. According to the classification of the New York Heart Association (NYHA), the subjects in the low-risk category included people with one to three heart failures, ejection fraction (EF) $\geq 50\%$, functional capacity (FC) ≥ 7 , no orthopedic problems, no smoking, and no alcohol consumption. The control group was selected from those who had no willingness to attend a rehabilitation program. During the program, they were asked not to do any specific sports activities and were advised to walk three days a week only.

In the pretest phase, the subjects under evaluation using Echo-Doppler system (Duplex). Their height and weight of subjects were also measured. Systolic and diastolic blood pressure, velocity, and intensity were also measured before and after exercise. The aerobic exercise program was performed according to the American College of Sports Medicine instructions for eight weeks, three sessions per week, each for 40 minutes using treadmills, an arm ergometer, and a bicycle ergometer, for each patient. Based on the condition of each patient, their self-report, the opinion of the attending physician, and the Borg scale score, the intensity and speed of aerobic exercises were gradually increased. To determine the normality of data distribution, the Shapiro-Wilk test was used, and Levene's test was used to examine the quality of variance for the data of experimental and control groups. Analysis of covariance, paired t-test, or Wilcoxon test were used based on their results. The significance level was set at 0.05.

Results

The participants in both groups were slightly overweight and the body surface area of the participants in the experimental group was somewhat higher than in the control group. The resting heart rate and systolic and diastolic blood pressures were at the same level in both groups, but the maximum heart rate of the control group was lower. The results showed no significant difference between the two groups in the variables of systolic and diastolic blood velocity, pressure, and intensity.

Conclusion

The effect of aerobic exercise was not confirmed in this study, may be due to heart disease or structural changes in the arteries (increased arterial stiffness and decreased arterial elasticity, especially in peripheral arteries). To increase the effect of rehabilitation exercises on peripheral arteries rather than central arteries, more intensity and duration of exercises are recommended to achieve the desired result.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All ethical principles, such as obtaining informed consent from the participants, protecting their confidentiality, and giving them the right to leave the study, were considered in this study. Ethical approval was obtained from the Research Ethics Committee of [Kharazmi University](#) (Code: IR.KHU.REC.1000.105.1).

Funding

This research did not receive any grant from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

Authors' contributions

The authors contributed equally to preparing this article

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors appreciate the patients participating in the study.



مقاله پژوهشی

تأثیر ۸ هفته تمرین هوازی بر متغیرهای منتخب بیومکانیک خون شریان فمورال دوطرفه مردان میانسال، متعاقب آنژیوپلاستی عروق کرونر

عاطفه مهرافرازی^{۱*}، حیدرصادقی^{۲،۳}، مونا اقبال بهبهانی^۳، مصطفی نجاتیان^۴

۱. گروه بیومکانیک و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
۲. گروه بیومکانیک ورزشی و توانبخشی، پژوهشکده علوم حرکتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۳. گروه بیومکانیک و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد کرج، دانشگاه آزاد، کرج، ایران.
۴. پزشک عمومی، فیزیوتراپیست، رئیس مرکز بازتوانی بیمارستان قلب تهران، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران.



Citation Mehrafrazi A, Sadeghi H, Eghbal Behbahani M, Nejatian M. [Effect of Eight Weeks of Aerobic Exercise on Selected Blood Biomechanical Variables in the Bilateral Femoral Artery of Middle-aged Men (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2023; 12(5):856-867. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.5.3>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.5.3>

چکیده



مقدمه و اهداف زندگی بی تحرک و غیرفعال سبب بروز بیماری‌های قلبی و عروقی ازجمله آترواسکلروز شده و با وجود مداخلات درمانی ازجمله آنژیوپلاستی بر روی بیماران، بروز تنگی مجدد محتمل است. برای پیشگیری و جلوگیری از تنگی مجدد شریان‌ها، تمرینات توانبخشی می‌تواند از طریق اصلاح بیومکانیک جریان خون باعث بهبود عملکرد، ساختار عروق و جریان خون آن‌ها شود. هدف از انجام پژوهش، بررسی اثر ۸ هفته تمرین هوازی بر متغیرهای منتخب بیومکانیک خون شریان فمورال دوطرفه مردان میانسال، ۳ تا ۷ روز پس از آنژیوپلاستی عروق کرونر بود.

مواد و روش‌ها در این پژوهش نیمه‌آزمایشگاهی، آینده‌نگر و از نوع بنیادی و کاربردی با طرح پیش و پس‌آزمون و مدل تأثیرسنجی، ۳۰ بیمار عروق کرونر قلب که تحت آنژیوپلاستی عروق کرونر قرار گرفته بودند با رده سنی ۴۵ تا ۶۰ سال، از بین مراجعه‌کنندگان به کلینیک بازتوانی مرکز قلب تهران در ۲ گروه آزمایش و کنترل (هر گروه ۱۵ نفر)، به‌عنوان آزمودنی شرکت کردند. سرعت، فشار و شدت جریان خون سیستول و دیاستول، قبل و بعد از انجام تمرینات اندازه‌گیری شد. برنامه تمرین هوازی براساس دستورالعمل ACSM به مدت ۸ هفته و هفته‌ای ۳ جلسه و هر جلسه به مدت ۴۰ دقیقه روی ۳ وسیله تردمیل، ارگومتر بازمویی و دوچرخه کارسنج، برای هر بیمار انجام شد. گروه کنترل از بین افرادی انتخاب شد که تمایلی به انجام برنامه بازتوانی نداشتند و در طول مدت برنامه از آن‌ها خواسته شد که فعالیت ورزشی خاص نداشته باشند و فقط توصیه به ۳ روز پیاده‌روی در هفته شد. برای مشخص کردن توزیع طبیعی داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک و از آزمون لون برای بررسی واریانس داده‌ها و همگن بودن داده‌های آزمودنی‌ها در گروه آزمایش و کنترل و جهت معناداری از آزمون‌های تحلیل کوواریانس، تی جفتی و ویل کاکسون در سطح ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌ها آزمودنی‌ها در گروه آزمایش و کنترل، کمی اضافه‌وزن داشتند و مساحت سطح بدن آزمودنی‌ها در گروه آزمایش تا حدودی بیشتر از گروه کنترل بود. در این آزمودنی‌ها، ضریب قلب استراحتی و فشار خون سیستولیک و دیاستولیک در هر ۲ گروه، در یک سطح بود، اما ضریب قلب بیشینه گروه کنترل کمتر از گروه آزمایش بود. نتایج پژوهش، نشان داد در تأثیر تمرین هوازی بر متغیرهای سرعت جریان خون، فشار خون و شدت جریان خون در فاز سیستول و دیاستول، بین گروه آزمایش و کنترل، تفاوت معناداری وجود نداشت.

نتیجه‌گیری اثر تمرین بر روی گروه آزمایش، مورد تأیید قرار نگرفت، این موضوع می‌تواند به علت سن بیماران و تغییرات ساختاری شریان‌ها باتوجه به ماهیت آن‌ها (افزایش سختی رگ و کاهش خاصیت الاستیکی شریان‌ها به‌ویژه در شریان‌های محیطی) به واسطه بیماری‌های قلبی عروقی و همین‌طور تأثیر افزایش سن بر کارکرد خون و به تبع متغیرهای بیومکانیکی آن باشد. می‌توان نتیجه گرفت برای افزایش تأثیر تمرینات توانبخشی بر روی شریان‌های محیطی نسبت به شریان‌های مرکزی، شدت و مدت‌زمان تمرین بیشتری برای رسیدن به نتیجه مورد نظر نیاز است.

کلیدواژه‌ها آنژیوپلاستی عروق کرونر، شریان فمورال، تمرین هوازی، مردان میانسال، بیومکانیک خون

تاریخ دریافت: ۱۳ خرداد ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۲۶ مهر ۱۴۰۰

تاریخ انتشار: ۱۰ آبان ۱۴۰۲

* نویسنده مسئول:

دکتر حیدرصادقی

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

تلفن: ۲۴۵۳۱۷۵ (۹۱۲) ۹۸+

رایانامه: h.sadeghi@khu.ac.ir

مقدمه

بنابراین درمورد اثر تمرینات مختلف هوازی، مقاومتی و قدرتی بر متغیرهای بیومکانیکی خون، نتایج اندک و ضدونقیضی وجود دارد، ضمن اینکه مطالعات بیشتر در شریان‌های مرکزی بوده و نقش شریان‌های محیطی، از جمله شریان فمورال به خوبی مشخص نشده است، به علاوه اکثر این گونه پژوهش‌ها بر روی افراد سالم و یا بیماران قلبی، بدون در نظر گرفتن نوع بیماری قلبی یا مداخله درمانی انجام شده، از این رو هدف این پژوهش، تعیین اثرگذاری تمرین هوازی بر فشار خون، سرعت و شدت جریان خون در شریان فمورال مشترک بیماران ۴۵ تا ۶۰ سال متعاقب آنژیوپلاستی عروق کرونر بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش نیمه‌آزمایشی، آینده‌نگر و با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون است. جامعه آماری پژوهش را ۵۰ نفر از بیماران مرد میانسال ۴۵ تا ۶۰ سال مراجعه‌کننده به مرکز بازتوانی قلب بیمارستان قلب تهران که تحت آنژیوپلاستی عروق کرونر قرار گرفته‌اند و منعی برای ورزش کردن نداشتند، تشکیل دادند. باتوجه به فرم اطلاعات فردی، مجموع امتیاز پرسش‌نامه سلامت فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها و نظر پزشک، نوع و شدت بیماری افراد مشخص شد و آزمودنی‌ها در ۳ دسته با ریسک بالا، متوسط و کم خطر تقسیم‌بندی شدند. ۳۰ بیمار از بین دسته ریسک پایین با بهره‌گیری از نرم افزار جی‌پاور، با در نظر گرفتن توان آماری ۰/۸۰، اندازه اثر ۰/۴۵ و در نظر گرفتن سطح معناداری ۰/۰۵، از بین مراجعه‌کنندگان انتخاب شدند. ۳۰ آزمودنی به صورت نمونه در دسترس، در ۲ گروه ۱۵ نفره آزمایش و کنترل قرار گرفتند. ۱۵ نفر گروه کنترل از بین افرادی انتخاب شدند که تمایلی به انجام برنامه بازتوانی نداشتند و در طول مدت برنامه از آن‌ها خواسته شد که فعالیت ورزشی خاص نداشته و فقط توصیه به ۳ روز پیاده‌روی در هفته شد.

آزمودنی‌ها طبق طبقه‌بندی انجمن قلب نیویورک^۴، در دسته ریسک پایین، شامل افراد با ۱ تا ۳ نارسایی قلبی، دارای کسر تخلیه‌ای^۵ برابر یا بالاتر از ۵۰ درصد، دارای ظرفیت عملکردی^۶ برابر یا بالاتر از ۷ مت، عدم مشکلات ارتوپدی، عدم استعمال دخانیات و عدم مصرف مشروبات الکلی قرار داشتند.

فرایند اجرای پژوهش به شرح زیر است:

آماده کردن آزمودنی‌ها

آزمودنی‌ها پس از مراجعه به پزشک متخصص قلب و عروق و تأیید پزشک، به مرکز بازتوانی بیمارستان قلب تهران معرفی شدند. پرسش‌نامه اطلاعات فردی و سلامت فیزیولوژیکی در اختیار آزمودنی‌ها قرار گرفت و توضیحات کاملی درمورد هدف پژوهش، روش انجام آن و محرمانه بودن اطلاعات به آن‌ها ارائه شد و رضایت‌نامه جهت اعلام موافقت برای شرکت در پژوهش اخذ شد.

گذراندن زندگی به صورت ساکن، بی‌تحرك و غیرفعال به طور مستقیم یا غیرمستقیم سبب بروز مشکلاتی در رابطه با سلامتی و تندرستی، مانند بیماری‌های قلبی و عروقی شده است [۱-۲]. طبق گزارش سازمان جهانی^۱، بیماری قلبی در ایران ۶ برابر سایر کشورهای جهان است و ۳۸ تا ۵۰ درصد مرگ‌ومیرها را باعث می‌شود و بیماری عروق کرونر یکی از بیماری‌های قلبی شایع محسوب می‌شود [۳].

یکی از بیماری‌های عروق کرونری آترواسکلروز است که در آن چربی به صورت غیرطبیعی در رگ‌ها تجمع پیدا کرده و باعث باریک و سخت شدن دیواره آن‌ها شده و خون‌رسانی را دچار اختلال می‌کند و نهایتاً باعث بروز حوادث ایسکمیک قلبی می‌شود، از این رو آترواسکلروتیک شریان‌های آئورت، کرونر و شریان‌های محیطی، از جمله شریان بازویی و رانی اهمیت خاصی پیدا می‌کند [۴-۶]. باتوجه به کمتر بودن خاصیت الاستیکی و غالب بودن بافت ماهیچه‌ای و سفتی بیشتر در شریان‌های محیطی مانند شریان فمورال مشترک نسبت به شریان‌های مرکزی، برآورد پارامترهای بیومکانیک خون و عروق در شریان‌های محیطی سالم به عنوان معیار سلامت شریان و مقایسه آن با شریان‌های مرکزی حائز اهمیت است [۷].

یکی از فناوری‌های نوین در درمان تنگی عروق کرونری، آنژیوپلاستی^۲ است [۸]. اما تنگی مجدد هنوز به عنوان پاشنه آشیل آنژیوپلاستی مشکل اصلی است [۹]. برای مواجهه با این چالش، شناسایی فواید و اثربخشی تمرین در برابر بیماری‌های قلبی و عروقی به گسترش و پیشرفت برنامه‌های بازتوانی^۳ قلبی در بیمارستان‌ها و سایر مراکز بازتوانی منجر شده است [۱۰].

اثر تمرین بر سیستم‌های حیاتی بدن متفاوت است. درواقع خون و بافت رگ ۲ مورد از مؤلفه‌های مهم دستگاه گردش خون به حساب می‌آیند و سلامت و عدم سلامت قلب از این ۲ عامل تأثیر می‌پذیرد [۱۱]. تغییرات بیومکانیکی خون شامل ویسکوزیته خون، ویسکوزیته پلاسما، چگالی و غیره در شرایط مختلف اتفاق می‌افتد و نقش مهمی را در نیروهای وارده به دیواره شریان‌ها، اکسیژن‌رسانی و تنظیم فشار خون، به ویژه در وضعیت‌های پاتولوژیک، مانند آترواسکلروزیس، ایفا می‌کند [۱۲]. اختلاف‌های زیادی درمورد شدت، مدت و نوع برنامه تمرینی و همچنین اثر تمرینات مختلف هوازی، مقاومتی و قدرتی بر متغیرهای بیومکانیکی خون وجود دارد. به عنوان مثال امیرعزودی، شعبانی، هفرن و همکاران، روشن، کولیر و تاناکا، با مطالعه بر روی تأثیر فعالیت بدنی با شدت متفاوت، بر سطح فشار خون، سرعت جریان خون و شدت جریان خون به نتایج متفاوت و ضدونقیضی دست یافتند [۱۳-۱۸].

4. New York Heart Association Functional (NYHA)
5. Ejection Fraction (EF)
6. Functional Capacity (FC)

1. Atherosclerosis
2. Angioplasty
3. Rehabilitation

جدول ۱. برنامه تمرینی در ابتدای شروع دوره تمرینی هوازی و در ادامه جلسات تمرین هوازی

در ابتدای شروع دوره تمرینی هوازی					
سرد کردن	دوچرخه ثابت	ارگومتر بازویی	تردمیل	گرم کردن	فعالیت
۵ دقیقه	۸ تا ۱۰ دقیقه	۸ تا ۱۰ دقیقه	۱۰ تا ۲۰ دقیقه	۵ دقیقه	زمان
انجام حرکات کششی	۵۰ وات	۵۰ وات	۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره (براساس کارون)	انجام حرکات کششی	سرعت
					شدت
در ادامه جلسات تمرین هوازی و به تدریج					
سرد کردن	دوچرخه ثابت	ارگومتر بازویی	تردمیل	گرم کردن	فعالیت
۵ دقیقه	۸ تا ۱۰ دقیقه	۸ تا ۱۰ دقیقه	۱۰ تا ۲۰ دقیقه	۵ دقیقه	زمان
انجام حرکات کششی	۸۰ وات	۸۰ وات	۸۵ درصد ضربان قلب ذخیره (براساس کارون)	انجام حرکات کششی	سرعت
					شدت

طب توانبخش

جمع‌آوری داده

آزمودنی‌ها برای شرکت در پژوهش، برای انجام آزمایشات (پیش‌آزمون) به مرکز تصویربرداری (داپلر، داپلکس و اکو) و انجام تست ورزش معرفی شدند. قد و وزن آزمودنی‌ها برای تعیین شاخص توده بدنی^۷ و مساحت سطح بدن اندازه‌گیری شد. فشار متوسط استراحتی، سرعت جریان خون و فشار خون سیستولیک و دیاستولیک، قطر و ضخامت دیواره رگ در شریان فمورال با استفاده از فشارسنج و دستگاه اولتراسوند داپلر و داپلکس، اندازه‌گیری شد. برای ظرفیت عملکردی، آزمودنی‌ها تحت تست ورزش با پروتکل اصلاح‌شده بروس^۸ و برای سنجش کسر تخلیه‌ای، تحت اکوکاردیوگرافی قرار گرفتند.

برنامه تمرینی

۱۵ نفر گروه آزمایش، براساس دستورالعمل استاندارد کالج آمریکایی پزشکی ورزشی^۹ و نظر پزشک مربوطه، تحت تمرین هوازی زیر بیشینه به مدت ۸ هفته، هفته‌ای ۳ جلسه و هر جلسه به مدت ۴۰ دقیقه در شدت مشخص (جدول شماره ۱) با دستگاه‌های تردمیل، ارگومتر بازویی و دوچرخه کارسنج قرار گرفتند. باتوجه به وضعیت بیماران، خوداظهاری آن‌ها و نظر پزشک مربوطه و با استفاده از مقیاس بورگ، به تدریج، شدت و سرعت تمرین هوازی افزایش یافت.

جمع‌آوری داده

بعد از ۸ هفته اجرای برنامه تمرینی، آزمایشات (پس‌آزمون) از هر ۲ گروه کنترل و آزمایش گرفته شد.

تجزیه و تحلیل آماری: برای مشخص کردن توزیع طبیعی داده‌ها از آزمون شاپیروویلک و از آزمون لون برای بررسی واریانس داده‌ها و همگن بودن داده‌های آزمودنی‌ها در گروه آزمایش و کنترل استفاده شد. در این پژوهش از آزمون تحلیل کوواریانس در صورت نرمال بودن داده‌ها و برقراری پیش‌فرض‌های آزمون تحلیل کوواریانس در ۲ گروه کنترل و آزمایش، در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد. در صورت برقرار نبودن نرمالیتی داده‌ها و عدم وجود پیش‌فرض‌های تحلیل کوواریانس، برای تحلیل از آزمون تی جفتی و در صورت عدم نرمال بودن داده‌ها از آزمون ویل کاکسون استفاده شد.

یافته‌ها

مشخصات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها شامل سن، متغیرهای آنتروپومتریکی مانند قد، وزن، شاخص توده بدنی و مساحت سطح بدن^{۱۰}، ضربان قلب استراحتی و بیشینه^{۱۱} و فشار خون سیستولیک و دیاستولیک^{۱۲} در تصویر شماره ۱ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، آزمودنی‌ها در گروه آزمایش و کنترل، کمی اضافه‌وزن داشته و مساحت سطح بدن آزمودنی‌ها در گروه آزمایش تا حدودی بیشتر از گروه کنترل بود. در این آزمودنی‌ها، ضربان قلب استراحتی و فشار خون سیستولیک و دیاستولیک در هر ۲ گروه، در یک سطح بود، اما ضربان قلب بیشینه گروه کنترل کمتر از گروه آزمایش بود.

10. Body Surface Area (BSA)

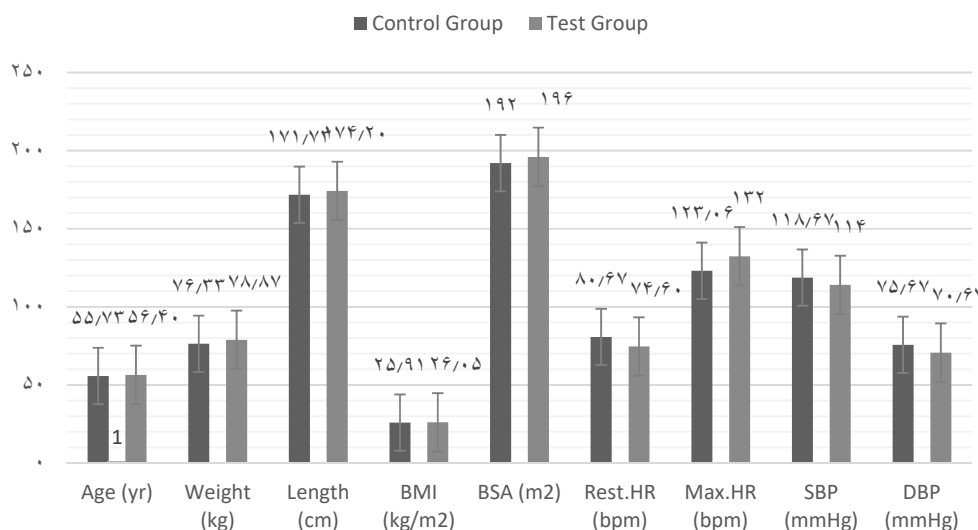
11. Rest Heart Rate and Max Heart Rate

12. Systolic and diastolic blood pressure (SBP and DBP)

7. Body Mass Index (BMI)

8. Modified Bruce

9. American College of Sports Medicine (ACSM)



تصویر ۱. میانگین ویژگی‌های جمعیت‌شناختی آزمودنی‌های گروه آزمایش و کنترل (n=15)

طبتوانبخش

مرتبه در هفته بر سرعت جریان خون شریان کاروتید ۱۰ نفر از افراد سالم و جوان نشان داد هر ۲ مطالعه افزایش معنادار در متغیر سرعت جریان خون بر اثر تمرینات را بیان کرده‌اند [۱۸]. به‌علاوه روشن در مطالعه خود با بررسی تأثیر ۶ هفته تمرینات قدرتی و بازتوانی قلبی، نشان داد تأثیر این تمرینات به‌طور هم‌زمان در کاهش سرعت جریان خون نسبت به گروه تمرین بازتوانی قلبی بیشتر بوده است، اما در پژوهش حاضر تفاوت معناداری مشاهده نشد. سن بیماران و تغییرات ساختاری شریان‌ها و ماهیت آن‌ها (افزایش سختی رگ و کاهش خاصیت الاستیکی شریان‌ها به‌ویژه در شریان‌های محیطی) به‌واسطه بیماری‌های قلبی و عروقی و همین‌طور تأثیر افزایش سن بر کارکرد خون و متغیرهای بیومکانیکی آن، می‌تواند علت این تفاوت باشد. به‌علاوه این مطالعات بر روی افراد جوان و سالم انجام شده، درحالی‌که پژوهش حاضر بر روی افراد میانسال دچار بیماری آترواسکلروزیس انجام شده بود. همچنین در مطالعات مذکور، در افزایش و کاهش معنادار این متغیر نیز نتایج ضدونقیض وجود دارد [۱۶].

در بررسی تأثیر تمرین هوازی بر شدت جریان خون بیماران پژوهش حاضر، نشان داده شد بین گروه آزمایش و کنترل تفاوت معناداری وجود نداشت و این با نتایج مطالعه والتز درباره افزایش معنادار شدت جریان خون در اثر ورزش بر عملکرد اندوتلیال عروق کرونر در بیماران مبتلا به عروق کرونری با ۴ هفته (هر هفته ۶ بار) تمرین با دوچرخه کارسنج به مدت ۱۰ دقیقه [۱۹] و نتایج روشن (۱۳۸۹) در کاهش معنادار شدت جریان خون در اثر ۶ هفته تمرینات قدرتی و بازتوانی قلبی بر شدت جریان خون شریان کاروتید و براکیال، در تناقض است. باتوجه‌به اینکه شریان‌های محیطی نسبت به شریان‌های مرکزی بافت ماهیچه‌ای غالب و سفتی بیشتری دارند، تغییر در قطر شریان و حجم خون عبوری از شریان و به دنبال آن متغیرهای بیومکانیکی مانند شدت

مقادیر میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای منتخب بیومکانیکی خون، در جدول شماره ۲ ارائه شده است. نتایج پژوهش نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه آزمایش و کنترل، در متغیرهای سرعت جریان خون، فشار خون و شدت جریان خون سیستول و دیاستول، وجود نداشت (جدول شماره ۳، ۴، ۵).

بحث

هدف از انجام پژوهش، بررسی اثر ۸ هفته تمرین هوازی بر متغیرهای منتخب بیومکانیک خون شریان فمورال دوطرفه مردان میانسال، ۳ تا ۷ روز پس از آنژیوپلاستی عروق کرونر بود که نتایج نشان داد در متغیرهای سرعت، شدت و فشار جریان خون، بین گروه آزمایش و کنترل، تفاوت معناداری وجود نداشت.

این پژوهش نشان داد تفاوت معناداری بین گروه آزمایش و کنترل در بررسی تأثیر تمرین هوازی بر متغیر فشار جریان خون در فاز سیستولیک و دیاستولیک، وجود نداشته و این موضوع با مطالعه تاناکا بر روی تأثیر ۸ هفته تمرین هوازی با شدت متوسط و تکرار ۲ تا ۳ مرتبه در هفته بر متغیر فشار سیستول و دیاستول و قطر شریان کاروتید ۱۰ نفر از افراد جوان و سالم [۱۸] و مطالعه هفرن بر روی فشار خون شریان براکیال مردان سیاه و سفیدپوست آمریکایی تحت تأثیر ۶ هفته تمرین قدرتی، در یک ست با ۱۵ تکرار در عضلات بزرگ، مشابه بوده و عدم وجود تفاوت معنادار گزارش شده بود [۱۵].

مقایسه این پژوهش در بررسی تأثیر تمرین هوازی بر متغیر سرعت جریان خون با مطالعه فتحی بر روی اثر ۸ هفته تمرین مقاومتی بر روی اندام تحتانی ۲۱ آزمودنی جوان و سالم بر سرعت جریان خون در شریان‌های کاروتید و فمورال و مطالعه تاناکا بر روی تأثیر ۸ هفته تمرین هوازی با شدت متوسط و تکرار ۲ تا سه

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار متغیرهای منتخب بیومکانیک خون در پیش آزمون و پس آزمون شریان فمورال دوطرفه آزمودنی‌ها در گروه آزمایش و کنترل (n=۱۵)

متغیر	فاز	اندام	آزمون	آزمایش		کنترل	
				میانگین	اختلاف میانگین‌ها	میانگین $\pm$ انحراف معیار	اختلاف میانگین‌ها
سرعت جریان خون (سانتی متر بر ثانیه)	سیستول	راست	پیش	۷۹/۵۵	+۱/۹	۹۲/۳۲ $\pm$ ۱۶/۵۲	+۰/۶
			پس	۸۱/۴۵		۹۲/۹۳ $\pm$ ۱۴/۶۶	
		چپ	پیش	۸۰/۴۸	+۴/۴۱	۹۰ $\pm$ ۱۵/۵۴	+۱۴/۵۶
			پس	۸۴/۸۹		۱۰۴/۵۶ $\pm$ ۱/۴۶	
	دیاستول	راست	پیش	۱۴/۱۸	-۰/۵۶	۱۶/۱۸ $\pm$ ۳/۸۸	-۰/۴۸
			پس	۱۳/۶۲		۱۵/۷۰ $\pm$ ۴/۲۴	
		چپ	پیش	۱۳/۱۳	+۱/۲۰	۱۴/۷۱ $\pm$ ۴/۰۲	+۴/۲۹
			پس	۱۴/۳۴		۱۹/۰۰ $\pm$ ۴/۵۸	
فشار خون (سانتی متر مکعب بر ثانیه)	سیستول	راست	پیش	۲/۶۱	+۰/۶۲	۴/۴۳ $\pm$ ۱/۰۰	-۰/۲۳
			پس	۳/۲۲		۴/۲۰ $\pm$ ۲/۰۴	
		چپ	پیش	۲/۷۲	+۰/۲۳	۲/۴۸ $\pm$ ۱/۰۲	+۰/۴۷
			پس	۲/۹۵		۵/۰۹ $\pm$ ۰/۹۲	
	دیاستول	راست	پیش	۰/۰۹	-۰/۰۱	۰/۱۵ $\pm$ ۰/۰۴	-۰/۰۲
			پس	۰/۰۸		۰/۱۳ $\pm$ ۰/۰۵	
		چپ	پیش	۰/۰۹	+۰/۰۰۳	۰/۱۱ $\pm$ ۰/۰۶	+۰/۰۷
			پس	۰/۰۹		۰/۱۸ $\pm$ ۰/۰۶	
شدت جریان خون (میلی متر جبهه)	راست		پیش	۶۸/۷۶	+۲/۹۲	۸۳/۰۳ $\pm$ ۱۹/۶۵	-۹/۶۹
			پس	۷۱/۶۸		۷۳/۳۳ $\pm$ ۱۶/۹۱	
	چپ		پیش	۷۴/۵۸	+۶/۸۸	۸۱/۹۴ $\pm$ ۲۲/۶۵	-۱/۸۳
			پس	۸۱/۴۷		۸۰/۱۱ $\pm$ ۲۱/۸۹	

طب توانبخشی

جدول ۳. آزمون تحلیل کوواریانس متغیرهای منتخب بیومکانیک خون در گروه آزمایش و کنترل (n=۱۵)

متغیر	فاز	شریان	گروه	آزمون	میانگین $\pm$ انحراف معیار	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	Sig
سرعت جریان خون (سانتی متر بر ثانیه)	سیستولیک	فمورال راست	آزمایش	پیش	۷۹/۵۵ $\pm$ ۱۶/۵۲	۸۶/۹۷	۱	۸۶/۹۷	۰/۴۲	۰/۵۲
				پس	۸۱/۴۵ $\pm$ ۱۴/۶۶					
			کنترل	پیش	۹۲/۳۲ $\pm$ ۱۸/۴۰					
				پس	۹۲/۹۳ $\pm$ ۲۰/۴۷					

طب توانبخشی

جدول ۴. آزمون تی زوجی متغیرهای منتخب بیومکانیک خون در گروه آزمایش و کنترل (n=۱۵)

متغیر	فاز	شریان	گروه	آزمون	میانگین $\pm$ انحراف معیار	انحراف معیار اختلافات	درجه آزادی	میانگین اختلافات	T	Sig
سیستولیک	فمورال چپ	آزمایش	پیش	۸۰/۴۸ $\pm$ ۱۵/۵۴	۱۵/۰۴	۱۴	-۴/۴۱	-۱/۱۳	۰/۲۸	
			پس	۸۴/۸۹ $\pm$ ۱/۴۶						
		کنترل	پیش	۹۰ $\pm$ ۹۰	۸/۶۱	۱۴	-۱۴/۵۶	-۱/۶۹	۰/۱۱	
			پس	۱۰۴/۵۶ $\pm$ ۱۰۴/۵۶						
		آزمایش	پیش	۱۴/۱۸ $\pm$ ۳/۸۸	۵/۵۱	۱۴	۰/۵۶	۰/۴	۰/۷	
			پس	۱۳/۶۲ $\pm$ ۴/۲۴						
	فمورال راست	کنترل	پیش	۱۶/۱۸ $\pm$ ۴/۴۸	۱/۷۸	۱۰	-۰/۵۱	-۰/۲۸	۰/۷۸	
			پس	۱۵/۷۰ $\pm$ ۵/۹۷						
		آزمایش	پیش	۱۳/۱۳ $\pm$ ۴/۰۲	۵/۷۲	۱۳	-۰/۸۴	۰/۵۵	۰/۵۹	
			پس	۱۴/۳۴ $\pm$ ۴/۵۸						
		فمورال چپ	کنترل	پیش	۱۴/۷۱ $\pm$ ۴/۳۲	۱/۴۵	۱۱	-۵/۳۱	-۳/۶۷	۰/۰۰۴
				پس	۱۹/۰۰ $\pm$ ۴/۲۶					
سرعت جریان خون (سانتی متر بر ثانیه)	فمورال چپ	آزمایش	پیش	۲/۷۲ $\pm$ ۱/۰۲	۱/۰۳	۱۴	-۰/۳۳	-۰/۸۶	۰/۴۱	
			پس	۲/۹۵ $\pm$ ۰/۹۲						
		کنترل	پیش	۲/۴۸ $\pm$ ۰/۸۴	۲/۰۱	۹	-۲/۳۶	-۳/۷۱	۰/۰۰۵	
			پس	۵/۰۹ $\pm$ ۲/۲۵						
		فمورال راست	آزمایش	پیش	۶۸/۷۶ $\pm$ ۱۹/۶۵	۱۵/۸۸	۱۴	-۲/۹۲	-۰/۷۱	۰/۴۹
				پس	۷۱/۶۸ $\pm$ ۱۶/۹۱					
	فمورال چپ	آزمایش	پیش	۷۴/۵۸ $\pm$ ۲۳/۶۵	۲۴/۱۷	۱۴	-۶/۸۸	-۱/۱۰	۰/۲۹	
			پس	۸۱/۴۷ $\pm$ ۲۱/۸۹						

جدول ۵. آزمون ویل کاکسون متغیرهای منتخب بیومکانیک خون در گروه آزمایش و کنترل (N=۱۵)

متغیر	فاز	شریان	گروه	آزمون	تعداد	میانگین $\pm$ انحراف معیار	مجموع رتبه‌ها	میانگین رتبه‌ها	Z	Sig
سیستولیک	فemorال راست	آزمایش	پیش	۴	۲/۶۱ $\pm$ ۱/۰۰	منفی	۳۵	۸/۷۵	-۱/۴۲	۰/۱۵
			پس	۱۱	۳/۲۲ $\pm$ ۲/۰۴	مثبت	۸۵	۷/۷۳		
	کنترل	آزمایش	پیش	۸	۴/۴۳ $\pm$ ۳/۱۵	منفی	۶۲	۷/۷۵	-۰/۱۱	۰/۹۱
			پس	۷	۴/۲۰ $\pm$ ۲/۲۲	مثبت	۵۸	۸/۲۹		
فشار خون (سانتی‌متر مکعب بر ثانیه)	فemorال راست	آزمایش	پیش	۵	۰/۰۸ $\pm$ ۰/۰۵	مثبت	۳۱	۶/۲۰	-۱/۰۲	۰/۳۱
			پس	۶	۰/۱۵ $\pm$ ۰/۱۸	منفی	۶۲/۵	۱۰/۴۲	-۰/۱۴	۰/۸۸
	کنترل	آزمایش	پیش	۹	۰/۱۳ $\pm$ ۰/۱	مثبت	۵۷/۵	۶/۳۹		
			پس	۷	۰/۰۹ $\pm$ ۰/۰۶	منفی	۶۴	۹/۱۴	-۰/۳۳	۰/۸۲
دیاستولیک	فemorال چپ	آزمایش	پیش	۸	۰/۰۹ $\pm$ ۰/۰۶	مثبت	۵۶	۷/۰۰		
			پس	۳	۰/۱۱ $\pm$ ۰/۰۷	منفی	۱۸/۵	۶/۱۷	-۲/۳۶	۰/۰۱
	کنترل	آزمایش	پیش	۱۲	۰/۱۸ $\pm$ ۰/۱۱	مثبت	۱۰۱/۵	۸/۴۶		
			پس	۱۰	۸۳/۰۳ $\pm$ ۲۵/۰۳	منفی	۸۳	۸/۳۰	-۱/۳۱	۰/۱۹
شدت جریان خون (میلی متر جیوه)	فemorال راست	کنترل	پس	۵	۷۲/۳۳ $\pm$ ۲۴/۶	مثبت	۳۷	۷/۴۰		
			پیش	۸	۸۱/۹۴ $\pm$ ۲۹/۷۲	منفی	۶۰	۷/۵۰	۰/۰۰	۱/۰۰
	فemorال چپ	کنترل	پس	۷	۸۰/۱۱ $\pm$ ۲۲/۲۱	مثبت	۶۰	۸/۵۷		
			پیش							

طب توانبخش

مصرف داروهای قلب در این بیماران با فاکتورهای بیومکانیک خون، تداخل داشته و بر آن تأثیر گذاشته باشد.

در این پژوهش محدودیت‌هایی وجود داشت، از جمله اینکه میزان فعالیت‌های روزانه، زمان استراحت، شرایط روحی و روانی بیماران، شغل، محل و شرایط زندگی بیماران متفاوت و از جمله مواردی بود که خارج از کنترل محقق بود. مهم‌ترین محدودیت، تفاوت در مصرف داروهای تجویزی پزشک برای بیماران، به علت ابتلا به بیماری‌های قلبی دیگر بود که خارج از دسترس محقق قرار داشت. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده بر روی انواع تمرینات دیگر مانند تمرینات استقامتی، مقاومتی و غیره با شدت و مدت‌زمان‌های متفاوت انجام شود. به علاوه انجام پژوهش در بیماران قلبی دیگر مانند بیماران مبتلا به نارسایی مزمن قلبی^{۱۳} و بیماران با انفارکتوس مایوکارد^{۱۴} می‌تواند مفید باشد.

جریان خون ممکن است در زمان طولانی‌تر و یا شدت تمرین بیشتر اتفاق بیفتند، همان‌طور که تداوم تمرین در پژوهش والتر بیشتر از پژوهش حاضر بوده است. به علاوه این مطالعات بر روی شریان کرونر انجام شده و پژوهش حاضر بر روی شریان فمورال انجام شده است [۱۶].

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، اثر تمرین بر روی گروه آزمایش، مورد تأیید قرار نگرفت، این موضوع می‌تواند به علت سن بیماران و تغییرات ساختاری شریان‌ها با توجه به ماهیت آن‌ها (افزایش سختی رگ و کاهش خاصیت الاستیکی شریان‌ها به‌ویژه در شریان‌های محیطی) به واسطه بیماری‌های قلبی و عروقی و همین‌طور تأثیر افزایش سن بر کارکرد خون و متغیرهای بیومکانیکی آن باشد. به علاوه با توجه به بافت ماهیچه‌ای غالب و سفتی بیشتر در شریان‌های محیطی، می‌توان نتیجه گرفت که برای افزایش تأثیر تمرینات توان‌بخشی بر روی شریان‌های محیطی نسبت به شریان‌های مرکزی، شدت و مدت‌زمان تمرین بیشتری برای رسیدن به نتیجه موردنظر نیاز است. همچنین ممکن است

13. Congestive Heart Failure (CHF)
14. Myocardial Infarction (MI)

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق دانشگاه خوارزمی تهران در نظر گرفته شده است و کد اخلاق (IR.KHU.REC.1000.105.1) دریافت شده است.

حامی مالی

این مقاله هیچ گونه کمک مالی از سازمان تأمین کننده مالی در بخش های عمومی و دولتی، تجاری، غیرانتفاعی دانشگاه یا مرکز پژوهش ها دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده سازی این مقاله مشارکت یکسان داشته اند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از بیماران شرکت کننده در پژوهش قدردانی می کنند.

References

- [1] Aronne LJ. Epidemiology, morbidity, and treatment of overweight and obesity. *The Journal of Clinical Psychiatry*. 2001; 62 Suppl 23:13-22. [PMID]
- [2] National Heart, Lung and Blood Institute. The practical guide identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults. New York: NIH; 2001. [Link]
- [3] Mendis Sh, Puska P, Norrving B. Global atlas on cardiovascular disease prevention and control. Geneva: World Health Organization (WHO); 2011. [Link]
- [4] Fortier A, Gullapalli V, Mirshams RA. Review of biomechanical studies of arteries and their effect on stent performance. *IJC Heart & Vessels*. 2014; 4:12-8. [DOI:10.1016/j.ijchv.2014.04.007]
- [5] GBD 2013 Mortality and Causes of Death Collaborators. Global, regional, and national age-sex specific all-cause and cause-specific mortality for 240 causes of death, 1990-2013: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet* (London, England). 2015; 385(9963):117-71. [DOI:10.1016/S0140-6736(14)61682-2] [PMID]
- [6] Guyton A. Textbook of medical physiology. Philadelphia: Saunders; 1986. [Link]
- [7] Mokhtari M, Rahmani T, Giti M. Biomechanical behavior of the common femoral artery: Healthy and atherosclerotic artery. *Scientific and Research Journal of Army University of Medical Sciences-JAUMS*. 2005; 3(1):474-80. [Link]
- [8] Dangas GD, Claessen BE, Caixeta A, Sanidas EA, Mintz GS, Mehran R. In-stent restenosis in the drug-eluting stent era. *Journal of the American College of Cardiology*. 2010; 56(23):1897-907. [DOI:10.1016/j.jacc.2010.07.028] [PMID]
- [9] Topol E. Text book of intervention cardiology. Philadelphia: Saunders; 1999. [Link]
- [10] 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 (Persian)]. *Razi Journal of Medical Sciences*. 2020; 26(12):138-48. [Link]
- [11] Lowe GD, Lee AJ, Rumley A, Price JF, Fowkes FG. Blood viscosity and risk of cardiovascular events: The Edinburgh artery study. *British Journal of Haematology*. 1997; 96(1):168-73. [DOI:10.1046/j.1365-2141.1997.8532481.x] [PMID]
- [12] McGinnis PM. Biomechanics of sport and exercise. Champaign, IL: Human Kinetics; 1999. [Link]
- [13] Amirazodi M, Daryanoosh F, Babaee Begi MA, Koshki Jahromi M, Mehrabi A. [Effect of aerobic exercise on plasma vasoactive intestinal peptide, blood pressure and heart rate of elderly healthy persons and coronary artery patients (Persian)]. *Tehran University Medical Journal*. 2013; 71(3):185-93. [Link]
- [14] Shabani R, Gaeini A, Nikoo M, Nikbackt H, Sadegifar M. Comparison the effects of cardiac rehabilitation program (concurrent endurance and resistance training) on exercise capacity of men and women patients with coronary artery disease. *Journal of Guilan University of Medical Sciences*. 2010; 19(74):48-57. [Link]
- [15] Di Francescomarino S, Sciartilli A, Di Valerio V, Di Baldassarre A, Gallina S. The effect of physical exercise on endothelial function. *Sports Medicine* (Auckland, N.Z.). 2009; 39(10):797-812. [DOI:10.2165/11317750-000000000-00000] [PMID]
- [16] Shokrallahnia-Roshan A, Sadeghi H, Shirani S, Nejatian M. [Effects of strength training and cardiac rehabilitation programs on the biomechanical parameters of blood flow velocity and blood flow rate and its relation with arterial stiffness index in brachial and femoral arteries with Coronary Artery Bypass Grafting Patients (CABG) (Persian)]. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2013; 14(2):38-45. [Link]
- [17] Collier SR, Frechette V, Sandberg K, Schafer P, Ji H, Smulyan H, et al. Sex differences in resting hemodynamics and arterial stiffness following 4 weeks of resistance versus aerobic exercise training in individuals with pre-hypertension to stage 1 hypertension. *Biology of Sex Differences*. 2011; 2(1):9. [DOI:10.1186/2042-6410-2-9] [PMID]
- [18] Tanaka M, Sugawara M, Niki K, Kodera H, Izumi T. Effects of moderate short-term intermittent aerobic exercise on arterial stiffness-evaluation by stiffness parameter and pressure-strain elastic modulus. Paper presented at: 5th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering. 14-18 September 2011; Budapest, Hungary. [DOI:10.1007/978-3-642-23508-5_111]
- [19] Walther C, Gielen S, Hambrecht R. The effect of exercise training on endothelial function in cardiovascular disease in humans. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 2004; 32(4):129-34. [DOI:10.1097/00003677-200410000-00002] [PMID]