Arch Scientific Journal of Rehabilitation Medicine

June, July 2021 Vol 10. Num 2

Research Paper

Comparing the Effect of a 10-Week High- and Moderate-Intensity Aerobic Exercise on Plasma ICAM-I and VCAM-I Levels in Obese boys

Raziyeh Mohammad Shirazi[1], *Farshad Ghazaliyan[1], Rahman Soori[2], Hosein Abednazari[1], Mandana Gholami[1],

1. Department of Professional Physical Education, Faculty of Lecture, Human and Social Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Department of Professional Physical Education, Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Tehran, Tehran, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Ghazaliyan F, Soori R, Abednazari H, Gholami M, Mohammad Shirazi R. [Comparative Effects of Ten-week high-intensity and Moderate-intensity Aerobic Trainings on ICAM-I and VCAM-I Plasma Levels in 13-15 Year-old Obese Boys (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2021; 10(2):274-283. https://doi.org/10.32598/sjrm.10.2.7

https://doi.org/10.32598/sjrm.10.2.7

CC BY NC

Received: 03 Jun 2020

Accepted: 22 Jun 2020

Available Online: 01 Jun 2021

Keywords:
High-intensity Training, Obesity, Adhesion molecule, Student's boys

ABSTRACT

Background and Aims The expression of adhesion molecule such as the intercellular adhesion molecule- I (ICAM-I) and vascular adhesion molecule- I (VCAM-I) in obese people may increase atherosclerosis phenomena and cardiovascular diseases. The purpose of the current study was to investigate the effects of 10-week high-intensity and moderate-intensity aerobic trainings on plasma levels of ICAM-I and VCAM-I in obese boys.

Methods The statistical population of the present study was obese boys of Baharestan city. The sample included 36 obese student boys aged 13.4±0.69 years old, height: 163.06±7.88 cm; weight; 85.72±8.42 kg) who were randomly assigned to three groups: high-intensity training (n=12), moderate-intensity training (n=12), and control (n=12). The training was performed at 50%-65% maximal heart rate (moderate-intensity training group) and 70%-85% maximal heart rate (high-intensity training group), three days per week for 10 weeks. The blood sample was collected 48 h before and 48 h after the last session of exercise training. The ICAM-I and VCAM-I were measured via ELISA. Data were analyzed using two-way repeated ANOVA in SPPS, version 18.

Results The results indicated that body weight and BMI decreased significantly after moderate- and high-intensity training ($P<0.05$). VO_2max value significantly increased following 10 weeks of exercise training in both groups. No significant different was observed between exercise groups for plasma levels of ICAM-I. Moreover, the plasma levels of VCAM-I decreased significantly in the high-intensity training compared to the moderate-intensity training and control groups ($P<0.05$).

Conclusion It seems that intensity of training may decrease plasma levels of ICAM-I and VCAM-I through decrease of body weight and BMI and increase of VO_2max.

Extended Abstract

1. Introduction

Obesity is a chronic inflammatory disease, i.e., rapidly on the rise. Obesity plays an important role in the development of atherosclerosis and the risk of cardiovascular disease. Fat mass increases proinflammatory and inflammatory molecules, including enhanced expression of adhesive molecules, such as Intercellular Adhesion Molecule-1 (ICAM-1) and Vascular Adhesion Molecule-1 (VCAM-1). Cell adhesion molecules are among the strongest biomarkers of vascular inflammation, i.e., closely related to various anti-inflamma-

* *Corresponding Author:*
Farshad Ghazaliyan, PhD.
Address: Department of Professional Physical Education, Faculty of Lecture, Human and Social Science, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.
Tel: +98 (21) 44865154-8
E-Mail: phdghazalian@gmail.com

www.SID.ir

Table 1. The exercise program

Group	Weeks 1, 2	Weeks 3, 4	Weeks 5, 6	Weeks 7, 8	Weeks 9, 10
Moderate-intensity	45-50	50-55	55-60	60-65	60-65
High-intensity	60-65	65-70	70-75	75-80	80-85
Control	-	-	-	-	-

Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

tory cytokines, such as IL-1, IL-8, and TNF-α. Increased expression and activity of adhesive molecules indicate inflammation, endothelial dysfunction, and atherosclerosis. Exercise is among the main non-pharmacological approaches that impact controlling and reducing inflammatory cytokines and adhesive molecules. Low- to moderate-intensity aerobic exercise reduces the plasma levels of adhesive molecules; however, high-intensity aerobic exercise elevates cardiovascular capacity, decreases inflammatory cytokines, increases antioxidants, and reduces adhesion molecules, leading to improved cardiovascular health among obese individuals. Furthermore, high-intensity exercise effectively controlled metabolic status in obese children. However, the effect of high-intensity exercise on ICAM-I and VCAM-I levels in obese children remains undiscovered. The present study aimed to compare the impact of 10 weeks of high- and moderate-intensity aerobic exercise on plasma ICAM-I and VCAM-I levels in obese boys, aged 13 to 15 years.

2. Methods

The statistical population of the present study included obese male students, with an age range of 13 to 15 years in Baharestan City, Iran. The inclusion criteria of the research included a Body Mass Index (BMI) of over 28 kg/m^2, and no history of regular exercise for >6 months. The exclusion criteria included mobility conditions, cardiovascular disease, weight gain due to hypothyroidism, and adopting a special diet. All parents of the study subjects provided a signed written informed consent form to participate in the study. The study sample included 36 obese male students (Mean±SD age: 13.4±0.69 y, Mean±SD height: 163.06±7.88 cm, & Mean±SD weight: 85.72±8.42 kg) who were randomly divided into the high-intensity training, moderate-intensity training, and control (without training) groups (n=12/group). After determining the study samples based on inclusion and exclusion criteria, their medical information and physical activity data were obtained. The training program consisted of 10 weeks with an intensity of 50%-65% (moderate intensity) and 70%-85% of maximum heart rate (high intensity), for 3 sessions per week. The required blood samples were collected from the brachial vein 48 hours before and after the last training session with 12 hours of fasting. The ICAM-I and VCAM-I levels were measured by the Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) kit. Data analysis was performed using SPSS.

Table 2. Pre-test and post-test physiological and biochemical indices

Characteristic	Phase	Mean±SD			P
		High-intensity	Moderate-intensity	Control	
VO_2max (mL per kg body weight)	Pre-test	35.21±18.4	76.22±20.4	41.19±21.4	0.018
	Post-test	25.4±11.19$^{\&**}$	57.25±25.4$^{\&*}$	34.20±21.4	
VCAM-I (Nanograms. mL)	Pre-test	1512.325±9.4	1515.322±1.2	1517.303±6.6	0.024
	Post-test	1319.262±1.7$^{\&*}$	1410.269±1.7$^{\&*}$	1504.263±5.7	
ICAM-I (Nanograms. mL)	Pre-test	1225.238±4	1231.234±6.6	1229.232±3.8	0.048
	Post-test	1085.195±7.9$^{\#\&*}$	1158.4±199	1220.206±8.4	

Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

* Significance level P<0.05 in comparison with the control group; **Significance level P<0.01 in comparison with the control group; # Significance level P<0.05 compared to moderate intensity group; & Significance level P<0.05 compared to pre-test.

www.SID.ir

Descriptive statistics were expressed as mean and standard deviation. To evaluate the effects of training intensity, as well as time and group effect, repeated-measures Analysis of Variance (ANOVA) was used (Tables 1 & 2).

3. Results

The obtained data revealed no significant difference concerning demographic (height, weight, BMI) and physiological (maximum oxygen consumption, resting heart rate, reserve heart rate) characteristics between the study groups. There was a significant decrease in body fat percentage and weight after performing high- and moderate-intensity training ($P<0.05$). Maximum oxygen consumption was significantly increased after exercise ($P<0.05$). The intergroup study of VO_2max indicated that the training groups with high intensity ($P=0.008$) and medium intensity ($P=0.035$) presented a significant increase, compared to the control group. Plasma ICAM-I levels in the high-intensity training group were not significantly reduced, compared to moderate-intensity training; however, the ICAM-I plasma levels were reduced by 6% in the high-intensity training group, compared to the moderate-intensity training group. However, the collected results revealed that ICAM-I values in the high-intensity training and moderate-intensity training groups were significantly reduced, compared to the controls ($P<0.05$). The plasma levels of VCAM-I were significantly reduced in the high-intensity training group, compared to the moderate-intensity training and control groups ($P<0.05$). Pretest and posttest changes in the high-intensity training group had a significant decrease ($P<0.05$); however, there was no change in the control and moderate-intensity training groups.

4. Discussion and Conclusion

The current research data indicated that 10 weeks of high-intensity aerobic exercise resulted in weight loss, as well as reduced body fat percentage and BMI, i.e., associated with increased VO_2max in the examined obese adolescents. In general, the plasma levels of ICAM-I and VCAM-I further decreased after high-intensity training, compared with the moderate-intensity training program. The intensity of exercise, through weight loss and declining BMI, and increasing the maximum oxygen consumption, leads to a decrease in plasma ICAM-I and VCAM-I levels.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All ethical principles are considered in this article. The participants were informed about the purpose of the research and its implementation stages. They were also assured about the confidentiality of their information and were free to leave the study whenever they wished, and if desired, the research results would be available to them.

Funding

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

Authors' contributions

All authors equally contributed to preparing this article.

Conflict of interest

The authors declared no conflicts of interest.

www.SID.ir

مقاله پژوهشی

مقایسه تأثیر ده هفته تمرین هوازی با شدت بالا و متوسط بر مقادیر پلاسمایی ICAM-I و VCAM-I در پسران چاق ۱۳ تا ۱۵ سال

راضیه محمدشیرازی[۱]، *فرشاد غزالیان[۱]، رحمان سوری[۲]، حسین عابدنظری[۱]، ماندانا غلامی[۱]*

۱. گروه تخصصی تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده ادبیات، علوم انسانی و اجتماعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲. گروه تخصصی تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۰۲ تیر ۱۳۹۹
تاریخ پذیرش: ۱۳ تیر ۱۳۹۹
تاریخ انتشار: ۱۱ خرداد ۱۴۰۰

چکیده

اهداف بیان مولکول‌های چسبان مانند مولکول چسبان بین سلولی-۱ (ICAM-I) و مولکول چسبان عروقی-۱ (VCAM-I) در افراد چاق می‌تواند باعث افزایش بروز آترواسکلروز و بیماری‌های قلبی شود. هدف مطالعه حاضر مقایسه ده هفته تمرین هوازی با شدت بالا و متوسط بر مقادیر پلاسمایی ICAM-I و VCAM-I پسران چاق بود.

مواد و روش‌ها جامعه آماری پژوهش حاضر، دانش‌آموزان پسر چاق با دامنه سنی ۱۳ تا ۱۵ سال شهرستان بهارستان هستند. نمونه آماری تحقیق حاضر شامل ۳۶ دانش‌آموز پسر چاق (با میانگین سنی ۰/۶۹±۱۳/۴، قد ۷/۸۸±۱۶۳/۰۶ سانتی‌متر و وزن ۸/۴۲±۸۵/۷۲ کیلوگرم) بود که به صورت تصادفی به سه گروه شامل آزمایش با شدت بالا (دوازده نفر)، آزمایش با شدت متوسط (دوازده نفر) و گروه کنترل (بدون آزمایش) (دوازده نفر) تقسیم شدند. برنامه آزمایشی شامل ده هفته با شدت ۵۰ تا ۶۵ درصد (شدت متوسط) و ۷۰ تا ۸۵ درصد حداکثر ضربان قلب (شدت بالا)، سه جلسه در هفته اجرا شد. نمونه‌های خونی ۴۸ ساعت قبل و بعد از آخرین جلسه آزمایش جمع‌آوری شد. ICAM-I و VCAM-I به روش الایزا سنجیده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ و آزمون واریانس دوطرفه با اندازه‌گیری دوراهه انجام شد.

یافته‌ها نتایج نشان داد درصد چربی بدن و وزن به دنبال تمرین با شدت بالا و متوسط کاهش معناداری داشت (P<۰/۰۵). حداکثر اکسیژن مصرفی به دنبال تمرین ورزشی افزایش معناداری داشت (P<۰/۰۵). مقادیر پلاسمایی ICAM-I در گروه آزمایش با شدت بالا در مقایسه با آزمایش با شدت متوسط کاهش معناداری مشاهده نشد. مقادیر پلاسمایی VCAM-I کاهش معناداری در گروه آزمایش با شدت بالا در مقایسه با گروه آزمایش با شدت متوسط و کنترل داشت (P<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری به نظر می‌رسد شدت تمرین ورزشی از راه کاهش وزن و شاخص توده بدنی و افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی به کاهش مقادیر پلاسمایی ICAM-I و VCAM-I منجر شد.

کلیدواژه‌ها:
تمرین با شدت بالا، چاقی، مولکول‌های چسبان، پسران دانش‌آموز

مقدمه

چاقی یکی از مشکلات سلامت و فراگیر جهانی است که با عوارضی مانند مقاومت انسولینی، دیابت شیرین نوع ۲، پرفشاری خون، آپنه انسدادی هنگام خواب، کبد چرب غیرالکلی و غیره همراه است. پیشرفت چشمگیر تکنولوژی‌ها و سبک زندگی کم‌تحرک در کودکان و نوجوانان به شیوع بیشتر چاقی آن‌ها منجر شده است [۱، ۲].

افزایش توده چربی و تجمع بافت چربی در افراد چاق در مقایسه با افراد با وزن طبیعی، مقادیر بیشتری از پروتئین‌های پیش‌التهابی[1] مانند اینترلوکین-۶ (IL-6)، عامل نکروز بافتی-آلفا[2]، عامل تغییر رشد بتا-۱[3]، پروتئین واکنشگر C (CRP) و غیره ترشح می‌کند [۲، ۳].

افزایش پروتئین‌های پیش‌التهابی و التهابی به فعال شدن دستگاه ایمنی ذاتی در بافت چربی منجر می‌شود و رهایش رادیکال‌های

1. Pro-inflamatory
2. Tumor-necrosis Alpha (TNF-a)
3. Transforming Growth Factor-β1 (TGF-b1)

* **نویسنده مسئول:**
دکتر فرشاد غزالیان
نشانی: تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، دانشکده ادبیات، علوم انسانی و اجتماعی، گروه تخصصی تربیت بدنی و علوم ورزشی.
تلفن: ۸-۴۴۸۶۵۱۵۴(۲۱) ۹۸+
رایانامه: phdghazalian@gmail.com

www.SID.ir

آزاد افزایش می‌یابد. تشکیل پلاک‌های آترواسکلروزی به دنبال رسوب چربی در عروق و فعال شدن سلول‌های اندوتلیال عروقی باعث افزایش بروز رویدادهای قلبی عروقی می‌شود [۴، ۵].

مولکول چسبان عروقی[۴] و مولکول چسبان سلولی[۵] گلیکوپروتئین غشایی متعلق به خانواده ایمنوگلوبین‌ها هستند. ICAM-I غالباً توسط سلول‌های اپیتلیال و اندوتلیال، ماکروفاژها، منوسیت‌ها، لنفوسیت‌های B و T، فیبروبلاست‌ها و VCAM-I توسط سلول‌های اندوتلیالی عروق بیان می‌شوند و به تعامل لکوسیت‌های اندوتلیالی، مهاجرت لکوسیتی در محل التهاب کمک می‌کنند [۶].

مولکول‌های چسبان سلولی یکی از بیومارکرهای قوی التهاب عروقی هستند که ارتباط نزدیکی با سیتوکین‌های مختلف ضدالتهابی مانند IL-8، IL-1 و TNF-α دارند. افزایش بیان و فعالیت مولکول‌های چسبان نشان‌دهنده التهاب، اختلال عملکرد اندوتلیال[۶] و آترواسکلروز[۷] است [۷].

افزایش مولکول‌های چسبان به افزایش التهاب عروقی و تجمع ماکروفاژها لایه درونی عروق می‌انجامد که متعاقباً باعث تشدید آترواسکلروز می‌شود. در سال‌های اخیر، محققان دریافتند که مولکول‌های چسبان یک نشانگر مهم در تشخیص بیماری‌های عروقی و شرایط التهابی به شمار می‌آید [۸، ۹].

تمرین ورزشی از طریق کاهش نیمرخ لیپیدی، سایتوکاین‌های التهابی و مولکول‌های چسبان یکی از راهکارهای مؤثر در پیشگیری و کنترل آترواسکلروز است. اگرچه کاهش هیپرگلیسمی، هایپرلیپیدمی و هایپرکلسترولمی به دنبال تمرین ورزشی هوازی می‌تواند عملکرد عروقی را بهبود بخشد، با این حال کاهش سایتوکاین‌های التهابی و مولکول‌های چسبان یکی از آثار محافظت قلبی عروقی ناشی از تمرین ورزشی است [۱۰، ۱۱].

پارک و همکاران و نیز کوه و همکاران نشان داده‌اند که تمرین هوازی با شدت کم تا متوسط باعث کاهش مقادیر پلاسمایی ICAM-I و VCAM-I افراد چاق شده است [۱۰، ۱۲]، در حالی که تنریو و همکاران نشان دادند که تمرین با شدت کم تا متوسط تأثیری بر مقادیر پلاسمایی ICAM-I وVCAM-I در جوانان چاق نداشته است [۱۳].

از سوی دیگر، کارگر فرد و همکاران نشان دادند تمرین تناوبی با شدت بالا در مقایسه با تمرین هوازی با شدت متوسط آثار بهتری در کاهش مقادیر پلاسمایی ICAM-I و VCAM-Iدر کودکان چاق دارد [۱۴].

در مقابل، افرادت و همکاران نشان دادند که تمرین ورزشی با شدت بالا از طریق افزایش ظرفیت قلبی عروقی، کاهش سایتوکاین‌های التهابی، افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها و کاهش مولکول‌های چسبان آثار مثبتی بر سلامت قلب و عروق افراد چاق دارد [۱۵].

اثربخشی برنامه‌های آزمایشی بر عوامل مؤثر بر وضعیت متابولیکی، قلبی و سلامت عروق مورد توجه پژوهشگران گرفته است، اما هنوز به قطعیت نرسیده است. عواملی همچون نوع، مدت و شدت برنامه آزمایشی آثار مختلفی را به جا می‌گذارند. با این حال، نشان داده شده که آزمایش با شدت بالا در بهبود وضعیت متابولیکی، عوامل خطرزای قلبی و عملکرد عروقی مؤثر بوده است [۱۵، ۱۶].

در این راستا، قارداشی و همکاران نشان دادند که تمرین ورزشی با شدت بالا به وسیله بهبود الگوی تنش برشی به بهبود عملکرد عروق منجر می‌شود [۱۶]. به نظر می‌رسد که شدت‌های مختلف تمرین ورزشی آثار متفاوتی بر دستگاه قلبی عروقی دارد.

شواهد نشان داده که آزمایش با شدت بالا می‌تواند باعث بهبود وضعیت متابولیکی در کودکان چاق شود، با این حال تأثیر آزمایش با شدت بالا بر ICAM-I و VCAM-Iدر کودکان چاق مشخص نیست. از این رو، هدف مطالعه حاضر تبیین اثر شدت‌های مختلف تمرینات هوازی بر مولکول‌های چسبان (ICAM-I و VCAM-I) نوجوانان چاق کم‌تحرک بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی است و جامعه آماری پژوهش حاضر را دانش‌آموزان پسر چاق و کم‌تحرک در ناحیه آموزش و پرورش شهرستان بهارستان تشکیل دادند.

نمونه آماری پژوهش حاضر ۳۶ نفر از دانش‌آموزان چاق با دامنه سنی ۱۳ تا ۱۵ سال بودند که از طریق نمونه در دسترس انتخاب و به صورت تصادفی ساده (با استفاده از جدول اعداد) به سه گروه کنترل (دوازده نفر)، آزمایش هوازی با شدت متوسط (دوازده نفر) و آزمایش هوازی با شدت بالا (دوازده نفر) تقسیم شدند.

یک هفته قبل از شروع مطالعه، قد و وزن آزمودنی‌ها با ترازو و قدسنج سِکا[۸] سنجیده شد و شاخص توده بدنی از تقسیم وزن بر حسب کیلوگرم بر مجذور قد بر حسب متر محاسبه شد.

معیارهای ورود به مطالعه کنونی عبارت بود از دامنه سنی ۱۳ تا ۱۵ سال، شاخص توده بدنی بیش از ۲۸، نداشتن سابقه فعالیت ورزشی منظم بیش از شش ماه و معیارهای خروج از مطالعه نیز شامل مشکلات محدودیت حرکتی، بیماری‌های قلبی عروقی، افزایش وزن ناشی از کم‌کاری تیروئید و داشتن رژیم غذایی بود.

4. Vascular Adhesion Molecule
5. Interacellular Adhesion Molecule
6. Endothelial
7. Atherosclorosis
8. Seca

www.SID.ir

جدول ۱. برنامه تمرین ورزشی

گروه‌ها	هفته اول و دوم	هفته سوم و چهارم	هفته پنجم و ششم	هفته هفتم و هشتم	هفته نهم و دهم
آزمایش با شدت متوسط	۴۵–۵۰ درصد حداکثر ضربان قلب	۵۰–۵۵ درصد حداکثر ضربان قلب	۵۵–۶۰ درصد حداکثر ضربان قلب	۶۰–۶۵ درصد حداکثر ضربان قلب	۶۰–۶۵ درصد حداکثر ضربان قلب
آزمایش با شدت بالا	۶۰–۶۵ درصد حداکثر ضربان قلب	۶۵–۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب	۷۰–۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب	۷۵–۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب	۸۰–۸۵ درصد حداکثر ضربان قلب
کنترل	–	–	–	–	–

طب توانبخشی

پس از تعیین افراد واجد شرایط، در یک جلسه، درباره هدف، پروتکل و نحوه اجرای پژوهش و کاربردها اطلاعات و آگاهی‌های لازم ارائه شد. سپس تمامی والدین رضایت‌نامه کتبی شرکت در پژوهش را امضا کردند. میزان فعالیت بدنی و سلامت آن‌ها به وسیله پرسش‌نامه پزشکی اطلاعاتی جمع‌آوری شد.

از همه آزمودنی‌ها خواسته شد تا از برنامه غذایی معمول خانواده استفاده کنند و هیچ‌گونه تغییر و دستکاری در رژیم غذایی آن‌ها صورت نگیرد. به علاوه، به آن‌ها توصیه شد از نوشیدن کافئین، مکمل‌های غذایی و دارویی، یک هفته قبل از شروع برنامه آزمایشی تا پایان برنامه آزمایشی خودداری کنند.

نمونه‌های خونی ۴۸ ساعت قبل از شروع دوره آزمایشی و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه آزمایشی از ورید براکیال[9] آزمودنی‌ها و در شرایط ناشتایی جمع‌آوری شد. نمونه‌های خونی در لوله‌های حاوی EDTA ریخته و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد با سرعت ده هزار دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. پلاسمای جداشده در دمای منفی ۷۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

غلظت پلاسمایی ICAM-I با استفاده از کیت ساخت آلمان (Invitrogen, ICM-I Human ELISA kit, BMS201, Ger-many) با ضریب تغییرات درونی ۷/۷ درصد و تغییرات بیرونی ۴/۱ درصد و VCAM-I با استفاده از کیت ساخت آلمان (Invit-rogen, ICM-I Human ELISA kit, KHT0601, Germany) با ضریب تغییرات درونی ۶/۴ درصد و تغییرات بیرونی ۶/۷ درصد به روش الایزا[10] و مطابق با پروتکل شرکت سازنده سنجیده شد.

برنامه آزمایشی شامل ده هفته دویدن هوازی، به مدت سه جلسه در هفته انجام شد. هر جلسه تمرینی شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن (شامل ۲ تا ۴ دقیقه دویدن آرام، ۲ دقیقه گرم کردن مفاصل و ۴ دقیقه اجرای حرکات کششی) بود. برنامه آزمایشی در گروه آزمایش با شدت متوسط در دو جلسه ابتدایی با مدت زمان ۲۰ دقیقه و شدت ۵۰ تا ۶۵ درصد حداکثر ضربان قلب انجام و تا هفته‌های پایانی به ۴۵ تا ۶۰ دقیقه افزایش یافت. شدت آزمایشی در گروه آزمایش با شدت بالا نیز معادل ۷۰ تا ۸۵ درصد حداکثر ضربان قلب بود (جدول شماره ۱).

9. Brachial Vein
10. ELISA

برنامه آزمایشی گروه آزمایش با شدت متوسط شامل ۱۹ کیلومتر دویدن در هفته با شدت ۵۰–۶۵ درصد حداکثر ضربان قلب و برنامه آزمایشی گروه آزمایش با شدت بالا شامل دویدن با شدت ۷۰–۸۵ درصد حداکثر ضربان قلب در همان فاصله ۱۹ کیلومتر در هفته اجرا شد. مبنای انتخاب حجم آزمایش (تقریباً ۱۲۰۰ کیلوکالری در هفته) گزارش پیشنهادی عمومی انجمن جراحی Generals Report Surgeon بود.

تجزیه‌وتحلیل آماری

نرمال بودن داده‌ها با آزمون شاپیرو ویلک[11] و همگن بودن واریانس با آزمون لون[12] بررسی شد. مقایسه تأثیر آزمایش‌ها بین گروه‌ها با آزمون آنالیز واریانس دوطرفه[13] ۳ گروه در دو زمان (۳ گروه × ۲ زمان) و از آزمون تعقیبی بنفرونی[14] انجام شد. آنالیز آزمون‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ انجام شد و P-valueکمتر از ۰/۰۵ به عنوان سطح معناداری در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

مشخصات جمعیت‌شناختی و فیزیولوژیکی، از جمله وزن، قد، سن، شاخص توده بدنی، درصد چربی بدن، حداکثر اکسیژن مصرفی، ضربان قلب استراحت و ضربان قلب ذخیره در جدول شماره ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد تفاوت معناداری بین شاخص‌های جمعیت‌شناختی و فیزیولوژیکی بین گروه‌ها وجود نداشت (P>۰/۰۵).

نتایج آزمون آنالیز واریانس دوراهه نشان داد که هشت هفته آزمایش تمرینی با شدت متوسط و با شدت بالا به کاهش وزن (P=۰/۰۴۲) و افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی[15] (VO_2max) (P=۰/۰۱۸) منجر شد. هنگام بررسی بین‌گروهی مشخص شد که وزن در گروه آزمایش با شدت بالا (P=۰/۰۰۹) و شدت متوسط (P=۰/۰۴۸) در مقایسه با گروه کنترل کاهش معناداری داشت. تغییرات پیش‌آزمون پس‌آزمون در دو گروه آزمایش با شدت بالا و آزمایش با شدت متوسط کاهش معناداری داشت

11. Shapiro Wilk
12. Levens
13. Two-way ANOVA
14. Bonferoni
15. Maximal Oxygen Consumption

www.SID.ir

جدول ۲. مشخصات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها

متغیرها	میانگین±انحراف‌معیار			سطح معناداری
	کنترل (دوازده نفر)	شدت بالا (دوازده نفر)	شدت متوسط (دوازده نفر)	
وزن (کیلوگرم)	۸۵/۴۷±۸/۴۰	۸۶/۶۲±۸/۳۴	۸۵/۴۲±۸/۶۳	۰/۶۷۰
قد (سانتی‌متر)	۱۶۱/۵±۸/۳۷	۱۶۴/۵±۸/۰۲	۱۶۳/۳±۷/۲۹	۰/۴۵۸
سن (سال)	۱۳/۴±۰/۷۶	۱۳/۵±۰/۶۷	۱۳/۵±۰/۸۷	۰/۸۴۵
BMI (کیلوگرم بر مترمربع)	۲۹/۱۷±۱/۲۳	۲۸/۹۷±۰/۹۸	۲۹/۰۷±۱/۱۰	۰/۷۱۶
درصد چربی بدن (درصد)	۳۶/۵۲±۴/۵۶	۳۷/۹۶±۴/۵۱	۳۶/۵۱±۴/۴۴	۰/۵۲۸
VO_2max (میلی‌لیتر به ازای کیلوگرم وزن بدن)	۲۱/۴۱±۴/۱۹	۱۸/۳۵۶±۴/۲۱	۲۰/۷۶±۴/۲۲	۰/۱۷۳
ضربان قلب استراحت (ضربه / دقیقه)	۹۲/۰۷±۷/۶۸	۹۳/۴۱±۷/۳۹	۹۲/۹۲±۷/۴۳	۰/۸۸۲
ضربان قلب ذخیره (ضربه / دقیقه)	۱۱۴/۵۳±۷/۴۲	۱۱۸/۹۱±۷/۷۸	۱۱۵/۲۳±۷/۸۹	۰/۶۲۵

طب توانبخشی

(P=۰/۰۱۳)، در حالی که تغییری در گروه کنترل وجود نداشت. بررسی بین‌گروهی VO_2max نشان داد که گروه آزمایش با شدت بالا (P=۰/۰۰۸) و شدت متوسط (P=۰/۰۳۵) در مقایسه با گروه کنترل افزایش معناداری داشت.

تغییرات پیش‌آزمون پس‌آزمون در دو گروه آزمایش با شدت بالا و آزمایش با شدت متوسط افزایش معناداری داشت (۰/۰۵ >P)، در حالی که تغییری در گروه کنترل وجود نداشت. علاوه بر این، درصد چربی بدن به دنبال هشت هفته تمرین ورزشی در هر دو گروه آزمایشی تغییر معناداری نداشت (جدول شماره ۳). پس از هشت هفته تمرین ورزشی، مقادیر پلاسمایی ICAM-I و VCAM-I کاهش معناداری داشت. نتایج نشان داد مقادیر ICAM-I در گروه آزمایش با شدت بالا و آزمایش با شدت متوسط کاهش معناداری داشتند (۰/۰۵ >P).

تغییرات بین گروه آزمایش با شدت بالا در مقایسه با آزمایش

جدول ۳. مقادیر شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی پیش‌آزمون پس‌آزمون

متغیر	مرحله	میانگین±انحراف‌معیار			سطح معناداری	
		کنترل	شدت بالا	شدت متوسط	آنالیز واریانس دوراهه	گروه
وزن (کیلوگرم)	پیش‌آزمون	۸۵/۴۷±۸/۴۰	۸۶/۵±۸/۳۴	۸۵/۴۲±۸/۶۳	۰/۰۴۲	۰/۰۱۲
	پس‌آزمون	۸۵/۰۴±۸/۵۶	۷۹/۸۲±۸/۶۸#&**	۸۲/۴۳±۸/۲۵&*		
درصد چربی بدن (درصد)	پیش‌آزمون	۳۶/۵۲۳±۴/۵۶	۳۷/۹۶±۴/۵۱	۳۶/۵۱۵±۴/۴۴	۰/۱۲۸	۰/۱۹۲
	پس‌آزمون	۳۶/۴۳±۴/۲۳	۳۵/۹۹±۴/۲۵	۳۴/۳۷±۴/۱۵۳		
VO_2max (میلی‌لیتر به ازای کیلوگرم وزن بدن)	پیش‌آزمون	۲۱/۴۱±۴/۱۹	۱۸/۳۵±۴/۲۱	۲۰/۷۶±۴/۲۲	۰/۰۱۸	۰/۰۳۲
	پس‌آزمون	۲۱/۳۴±۴/۲۰	۲۵/۱۱±۴/۱۹&**	۲۵/۵۷±۴/۲۵&*		
VCAM-I (نانوگرم / میلی‌لیتر)	پیش‌آزمون	۱۵۱۷/۶±۳۰۳/۶	۱۵۱۲/۹±۳۲۵/۴	۱۵۱۵/۱±۳۲۲/۲	۰/۰۲۴	۰/۰۴۹
	پس‌آزمون	۱۵۰۴/۵±۲۶۳/۷	۱۳۱۹/۱±۲۶۲/۷&*	۱۴۱۰/۱±۲۶۹/۷&*		
ICAM-I(نانوگرم / میلی‌لیتر)	پیش‌آزمون	۱۲۲۹/۳±۲۳۲/۸	۱۲۲۵±۲۳۸/۴	۱۲۳۱/۶±۲۳۴/۶	۰/۰۴۸	۰/۱۶۲
	پس‌آزمون	۱۲۲۰/۸±۲۰۶/۴	۱۰۸۵/۷±۱۹۵/۹#&*	۱۱۵۸±۱۹۹/۴		

طب توانبخشی

*سطح معناداری P<۰/۰۵ در مقایسه با گروه کنترل؛
**سطح معناداری P<۰/۰۱ در مقایسه با گروه کنترل؛
#سطح معناداری P<۰/۰۵ در مقایسه با گروه شدت متوسط؛
&سطح معناداری P<۰/۰۵ در مقایسه با پیش‌آزمون.

www.SID.ir

با شدت متوسط، اگرچه معنادار نبود، اما کاهش بیشتری داشت (۶ درصدی). تغییرات پیش‌آزمون پس‌آزمون در دو گروه آزمایش با شدت بالا و آزمایش با شدت متوسط کاهش معناداری داشت (P< ۰/۰۵)، در حالی که تغییری در گروه کنترل وجود نداشت.

نتایج آزمون آنالیز واریانس دوراهه نشان داد که مقادیر VCAM-I به دنبال آزمایش تمرینی کاهش یافت. بررسی بین‌گروهی نشان داد که مقادیر VCAM-I در گروه آزمایش با شدت بالا در مقایسه با گروه آزمایش با شدت متوسط و کنترل کاهش معناداری داشتند (P< ۰/۰۵).

تغییرات پیش‌آزمون پس‌آزمون در دو گروه آزمایش با شدت بالا کاهش معناداری داشت (P< ۰/۰۵)، در حالی که تغییری در گروه کنترل و آزمایش با شدت متوسط وجود نداشت (جدول شماره ۳).

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین ورزشی باعث کاهش مقادیر پلاسمایی ICAM-I و VCAM-I در پسران چاق شده است. از طرفی دیگر، وزن بدن بعد از آزمایش تمرینی کاهش یافته است. همچنین، ظرفیت قلبی تنفسی به دنبال تمرین ورزشی در پسران چاق افزایش معناداری داشته است.

پژوهش حاضر نشان داد که مقادیر پلاسمایی ICAM-I و VCAM-I به دنبال تمرین ورزشی با شدت بالا کاهش یافت، در حالی که مقادیر پلاسمایی VCAM-I به دنبال تمرین ورزشی با شدت متوسط تغییر معناداری نداشت.

علاوه بر این، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که آزمایش با شدت بالا در مقایسه با آزمایش با شدت متوسط تأثیر بیشتری در مقادیر پلاسمایی ICAM-Iدارد. کارِگر فرد و همکاران نشان دادند وزن بدن، درصد چربی بدن و BMI به دنبال تمرین تناوبی با شدت بالا در مقایسه با تمرین با شدت متوسط کاهش بیشتری داشته است.

به علاوه، آن‌ها گزارش دادند که کاهش وزن، درصد چربی بدن و BMI با کاهش مقادیر پلاسمایی ICAM-I و VCAM-I در پسران چاق ارتباط معناداری دارد [۱۴]. کلی و همکاران نشان دادند که در غیاب تغییرات وزن، درصد چربی بدن و چربی شکمی به دنبال هشت هفته تمرین استقامتی، مقادیر آدیپونکتین[16] در کودکان دارای اضافه وزن تغییری نداشت [۱۷].

با این حال، مشخص شده که تغییرات در مارکرهای التهابی و مولکول‌های چسبان با کاهش وزن، درصد چربی بدن و دور کمر ارتباط مستقیمی دارد [۱۸]. آزمایش با شدت بالا در مقایسه با آزمایش با شدت متوسط آثار بیشتری بر کاهش وزن و درصد چربی بدن دارند [۱۴]؛ بنابراین کاهش وزن می‌تواند در تنظیم مولکول‌های چسبان نقش داشته باشد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که VO_2max به دنبال تمرین ورزشی افزایش یافته است. میزان افزایش VO_2max در گروه آزمایش با شدت بالا در مقایسه با آزمایش با شدت متوسط افزایش بیشتری داشت.

یک مطالعه نشان داد که افزایش ظرفیت قلبی تنفسی ارتباط مستقیمی با کاهش وزن و توده چربی دارد. کاهش وزن و توده چربی نقش مهمی در کاهش التهاب و فشار اکسایشی دارد؛ بنابراین بهبود ظرفیت قلبی تنفسی می‌تواند در بهبود عملکرد عروق مؤثر باشد [۱۶].

یکی از عوامل مؤثر در کنترل عملکرد عروق ریشه در بهبود وضعیت ظرفیت قلبی تنفسی دارد. افزایش ظرفیت قلبی تنفسی با افزایش الگوهای تنش برشی همراه است که می‌تواند باعث کاهش عوامل آتروژنیک[17] مانند ICAM-I و VCAM-I شود[۲۱-۱۹].

به نظر می‌رسد شدت تمرینی یکی از عوامل مؤثر در کاهش ۶ درصدی ICAM-I در گروه آزمایش با شدت بالا باشد. در این راستا، کارِگر فرد و همکاران نشان دادند که آزمایش تناوبی با شدت بالا در مقایسه با آزمایش با شدت متوسط به کاهش معناداری ICAM-I و VCAM-I پلاسمایی نوجوانان چاق منجر شده است [۱۴]. رابرتز و همکاران نشان دادند که مقادیر در گردش ICAM-Iبه دنبال آزمایش شدید سبک زندگی در جوانان چاق کاهش معناداری داشت [۲۲]. در مقابل، تنوریو و همکاران نشان دادند که تمرین با شدت بالا تغییر ناچیزی در مقادیر ICAM-I و VCAM-I پلاسمایی در نوجوانان چاق داشته است [۱۳].

تمرین ورزشی با شدت بالا تأثیر مطلوبی بر وضعیت ظرفیت قلبی تنفسی، عملکرد عروق و مارکرهای التهابی و آتروژنیک دارند. با این حال، وضعیت آزمودنی‌ها (سلامت یا بیماری‌های مزمن ترکیبی)، سن و مقادیر پایه شاخص‌های التهابی و آتروژنیک در سازگاری وابسته به تمرین‌ورزی مهم است. بافت چربی یکی از ارگان‌های مهم است که نقش مهمی در مارکرهای آتروژنیک دارد.

تنوریو و همکاران نشان دادند که آزمایش با شدت بالا و آزمایش با شدت پایین، تأثیری در کاهش شاخص توده بدنی، وزن و درصد چربی بدن نداشت. از طرفی دیگر، تغییراتی در مقادیر ICAM-I و VCAM-I مشاهده نکردند [۱۳].

اگرچه نشان داده شده که تمرین ورزشی بر عملکرد عروق و عوامل وابسته به آن تأثیر دارد، اما احتمالاً چند عامل بالقوه یافته‌های مطالعات را توجیه می‌کند. به نظر می‌رسد نوع آزمایش‌های تمرینی مورد استفاده یکی از مهم‌ترین عوامل باشد،

16. Adiponectin

17. Atherogenic

www.SID.ir

به گونه‌ای که برخی از برنامه‌های تمرینی به اندازه کافی توان تحریک جریان پایین‌دستی مؤثر بر اندوتلیوم[18] را ندارد تا به تغییر مارکرهای ارزیابی منجر شود [۲۳].

مطالعات در بزرگسالان تغییراتی در ICAM-I و VCAM-I گزارش کرده‌اند. با این حال، آزمایش‌های مورد استفاده همراه با اصلاح رژیم‌های غذایی بوده است. از طرفی دیگر، تأثیر تمرین ورزشی بر فعالیت مولکول‌های چسبان در افرادی بیشتر است که دارای اختلال عملکرد اندوتلیال[19] باشند.

تنوریو و همکاران اعلام کردند که نوجوانان چاق مورد مطالعه هیچ‌گونه علامت مبنی بر اختلال اندوتلیال را تجربه نکرده‌اند. از طرف دیگر، نشان دادند که مقادیر میانگین ICAM-I و VCAM-I در آزمودنی‌ها در دامنه‌ای قرار داشتند که برای سلامت عروق کافی هستند و این مسئله اجازه بهبود و تأثیرپذیری برای تمرین ورزشی را فراهم نکرده است [۱۳]، در حالی که میانگین ICAM-I و VCAM-I در پژوهش حاضر و کارِگر فرد و همکاران بالاتر از دامنه طبیعی قرار داشت. به نظر می‌رسد این مسئله نقش مهمی در تأثیرپذیری ناشی از تمرین ورزشی دارد.

به نظر می‌رسد جنسیت تأثیر بسزایی در آثار تمرین ورزشی بر مقادیر پلاسمایی ICAM-I و VCAM-I دارد. همچنین، لینارس سگوویا و همکاران نشان دادند که شانزده هفته تمرین ورزشی (۹۰ دقیقه، پنج روز در هفته، با شدت ۶۰ تا ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب) باعث کاهش مقادیر پلاسمایی ICAM-I، LDL و VCAM-I شد. با این حال، میزان کاهش در دختران بیشتر از پسران بوده است [۲۴].

هرچند که در مطالعه‌ای دیگر نشان داده شده که ده هفته آزمایش ترکیبی به منظور کاهش سطوح VCAM-I و چربی‌های خون مؤثر نبوده است [۲۵].

شدت آزمایش از طریق افزایش VO_2max، کاهش وزن، کاهش درصد چربی بدن و شاخص توده بدنی منجر به کاهش التهاب می‌شود. کاهش التهاب با کاهش مارکرهای آتروژنیک عروقی همراه است. از طرفی دیگر، احتمالاً شدت تمرین ورزشی از طریق کاهش عوامل خطرزای قلبی، بهبود الگوی تنش برشی و سلامت عروق به کاهش مقادیر پلاسمایی ICAM-I و VCAM-I منجر شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش کنونی نشان داد که ده هفته تمرین هوازی با شدت بالا منجر به کاهش وزن، درصد چربی بدن و شاخص توده بدنی می‌شود که با افزایش VO_2max در نوجوانان چاق همراستاست. به طور کلی، مقادیر پلاسمایی ICAM-I و VCAM-I به دنبال آزمایش با شدت بالا در مقایسه با آزمایش با شدت متوسط کاهش بیشتری دارد. چاقی یکی از مشکلات مهم به شمار می‌رود که می‌تواند در عملکرد بخش‌های مختلف بدن تأثیر منفی داشته باشد. تمرین ورزشی یک روش کم‌هزینه و مؤثر در کاهش مولکول‌های چسبان است که می‌تواند به کاهش عوارض عروقی ناشی از چاقی منجر شود. تمرین ورزشی با شدت بالا یکی از بهترین گزینه‌ها در کاهش مولکول‌های چسبان است.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

اصول اخلاقی تماماً در این مقاله رعایت شده است. شرکت کنندگان اجازه داشتند هر زمان که مایل بودند از پژوهش خارج شوند. همچنین همه شرکت کنندگان در جریان روند پژوهش بودند. اطلاعات آن ها محرمانه نگه داشته شد.

حامی مالی

این تحقیق هیچ گونه کمک مالی از سازمان‌های تأمین مالی در بخش‌های عمومی ، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرد.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در طراحی، اجرا و نگارش همه بخش‌های پژوهش حاضر مشارکت داشته‌اند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

18. Endothelium
19. Endothelial

www.SID.ir

Refrence

[1] Lobstein T, Baur L, Uauy R. Obesity in children and young people: A crisis in public health. Obesity Reviews. 2004; 5(1):4-85. [DOI:10.1111/j.1467-789X.2004.00133.x] [PMID]

[2] Tzanavari T, Giannogonas P, Karalis KP. TNF-alpha and obesity. Current Directions in Autoimmunity. 2010; 11:145-56. [DOI:10.1159/000289203] [PMID]

[3] Ferrante Jr A. Obesity-induced inflammation: A metabolic dialogue in the language of inflammation. Journal of Internal Medicine. 2007; 262(4):408-14. [DOI:10.1111/j.1365-2796.2007.01852.x] [PMID]

[4] Codoñer-Franch P, Valls-Bellés V, Arilla-Codoñer A, Alonso-Iglesias E. Oxidant mechanisms in childhood obesity: The link between inflammation and oxidative stress. Translational Research: The Journal of Laboratory and Clinical Medicine. 2011; 158(6):369-84. [DOI:10.1016/j.trsl.2011.08.004] [PMID]

[5] Montero D, Walther G, Perez-Martin A, Roche E, Vinet A. Endothelial dysfunction, inflammation, and oxidative stress in obese children and adolescents: Markers and effect of lifestyle intervention. Obesity Reviews : an Official Journal of the International Association for the Study of Obesity. 2012; 13(5):441-55. [DOI:10.1111/j.1467-789X.2011.00956.x] [PMID]

[6] Davies MJ, Gordon J, Gearing A, Pigott R, Woolf N, Katz D, et al. The expression of the adhesion molecules ICAM-1, VCAM-1, PECAM, and E-selectin in human atherosclerosis. The Journal of Pathology. 1993; 171(3):223-9. [DOI:10.1002/path.1711710311] [PMID]

[7] Witkowska AM. Soluble ICAM-1: A marker of vascular inflammation and lifestyle. Cytokine. 2005; 31(2):127-34. [DOI:10.1016/j.cyto.2005.04.007] [PMID]

[8] Krieglstein CF, Granger DN. Adhesion molecules and their role in vascular disease. American Journal of Hypertension. 2001; 14(S 3):44S-54S. [DOI:10.1016/S0895-7061(01)02069-6]

[9] Schram M, Stehouwer C. Endothelial dysfunction, cellular adhesion molecules and the metabolic syndrome. Hormone and Metabolic Research. 2005; 37(S 1):49-55. [DOI:10.1055/s-2005-861363] [PMID]

[10] Koh Y, Park J. Cell adhesion molecules and exercise. Journal of Inflammation Research. 2018; 11:297-306. [DOI:10.2147/JIR.S170262] [PMID] [PMCID]

[11] Koh Y, Park J, Carter R. Oxidized low-density lipoprotein and cell adhesion molecules following exercise training. International Journal of Sports Medicine. 2018; 39(02):83-8. [DOI:10.1055/s-0043-118848] [PMID]

[12] Park J, Willoughby DS, Song JJ, Leutholtz BC, Koh Y. Exercise-induced changes in stress hormones and cell adhesion molecules in obese men. Journal of Inflammation Research. 2018; 11:69-75. [DOI:10.2147/JIR.S158294] [PMID] [PMCID]

[13] Tenório TR, Balagopal PB, Andersen LB, Ritti-Dias RM, Hill JO, Lofrano-Prado MC, et al. Effect of low-versus high-intensity exercise training on biomarkers of inflammation and endothelial dysfunction in adolescents with obesity: A 6-month randomized exercise intervention study. Pediatric Exercise Science. 2018; 30(1):96-105. [DOI:10.1123/pes.2017-0067] [PMID]

[14] Kargarfard M, Lam ET, Shariat A, Asle Mohammadi M, Afrasiabi S, Shaw I, et al. Effects of endurance and high intensity training on ICAM-1 and VCAM-1 levels and arterial pressure in obese and normal weight adolescents. The Physician and Sportsmedicine. 2016; 44(3):208-16. [DOI:10.1080/00913847.2016.1200442] [PMID]

[15] Aufradet E, Monchanin G, Oyonno-Engelle S, Feasson L, Messonnier L, Francina A, et al. Habitual physical activity and endothelial activation in sickle cell trait carriers. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2010; 42(11):1987-94. [DOI:10.1249/MSS.0b013e3181e054d6] [PMID]

[16] Ghardashi Afousi A, Izadi MR, Rakhshan K, Mafi F, Biglari S, Gandomkar Bagheri H. Improved brachial artery shear patterns and increased flow-mediated dilatation after low-volume high-intensity interval training in type 2 diabetes. Experimental Physiology. 2018; 103(9):1264-76. [DOI:10.1113/EP087005] [PMID]

[17] Kelly AS, Steinberger J, Olson TP, Dengel DR. In the absence of weight loss, exercise training does not improve adipokines or oxidative stress in overweight children. Metabolism: Clinical and Experimental. 2007; 56(7):1005-9. [DOI:10.1016/j.metabol.2007.03.009] [PMID]

[18] Garanty-Bogacka B, Rać M, Syrenicz M, Gębala A, Walczak M, Syrenicz A. Changes in serum adipocytokines and inflammatory biomarkers following one-year of exercise training in obese adolescents. Journal of Diabetes and Metabolism. 2012; 3(7):1-6. [DOI:10.4172/2155-6156.1000212]

[19] Francois ME, Little JP. The impact of acute high-intensity interval exercise on biomarkers of cardiovascular health in type 2 diabetes. European Journal of Applied Physiology. 2017; 117(8):1607-16. [DOI:10.1007/s00421-017-3649-2] [PMID]

[20] Schreuder TH, Green DJ, Hopman MT, Thijssen DH. Impact of retrograde shear rate on brachial and superficial femoral artery flow-mediated dilation in older subjects. Atherosclerosis. 2015; 241(1):199-204. [DOI:10.1016/j.atherosclerosis.2015.04.017] [PMID]

[21] Madsen SM, Thorup AC, Overgaard K, Bjerre M, Jeppesen PB. Functional and structural vascular adaptations following 8 weeks of low volume high intensity interval training in lower leg of type 2 diabetes patients and individuals at high risk of metabolic syndrome. Archives of Physiology and Biochemistry. 2015; 121(5):178-86. [DOI:10.3109/13813455.2015.1087033] [PMID]

[22] Roberts CK, Chen AK, Barnard RJ. Effect of a short-term diet and exercise intervention in youth on atherosclerotic risk factors. Atherosclerosis. 2007; 191(1):98-106. [DOI:10.1016/j.atherosclerosis.2006.09.011] [PMID]

[23] Nasca MM, Zhou J-R, Welty FK. Effect of soy nuts on adhesion molecules and markers of inflammation in hypertensive and normotensive postmenopausal women. The American Journal of Cardiology. 2008; 102(1):84-6. [DOI:10.1016/j.amjcard.2008.02.100] [PMID] [PMCID]

[24] Linares-Segovia B, Guízar-Mendoza J, Amador-Licona N, Barbosa-Sabanero G, Malacara J. Effect of an exercise program, on hemodynamic, metabolic and inflammatory markers in obese Mexican adolescents. Endocrinology and Metabolic Syndrome. 2013; S2:1-4. [DOI:10.4172/2161-1017.S2-003]

[25] Soori R, Choopani Z, Choopani S, Falahian N, Alahyar A, Ramezankhani A. Effect of ten-week combined exercise (aerobic resistance) on vascular adhesion molecules and lipid profile in overweight and obese women. Bimonthly Daneshvar Medicine. 2017; 24(127):39-49. https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=597464

www.SID.ir