

Comparison between the effects of eight weeks of aerobic and resistance training on paraoxonase-1, arylesterase activity and lipid profile in obese girls

Ahmadi M., PhD¹, Abbassi Dalooi A., PhD², Behbudi L., PhD³

1. Assistant Professor, Physical Education and Sports Science, Islamic Azad University Yadegar - e- Imam Khomeini (RAH) Shahre-rey Branch, Tehran, Iran (Corresponding Author), Tel:+98-21-44663981, mahmadi1376@gmail.com

2. Assistant Professor, Exercise Physiology Department, Islamic Azad University Ayatollah Amoli Branch, Amol, Iran.

3. Assistant Professor, Exercise Physiology Department, Islamic Azad University Islamshahr Branch, Islamshahr, Iran.

ABSTRACT

Background and Aim: The aim of this study was to make a comparison between the effects of eight weeks aerobic and resistance training on paraoxonase-1, arylesterase activity and lipid profile in obese girls.

Material and method: 30 obese women with mean values for age 30 ± 5 years, height 1.60 ± 2 m and weight 85.23 ± 6.7 kg, and body mass index of $31-33$ kg/m² were divided randomly into three aerobic exercise (n=10), resistance training (n=10) and control (n=10) groups. Experimental groups performed aerobic exercise on treadmill between 60 to 75% of heart rate reserve and resistance training between 55 to 75% 1RM for 8 weeks. Blood samples were taken from the subjects 48 hours before and 48 hours after training and also after 12 hours of fasting. Data were analyzed by use of ANOVA and Tukey post hoc test. $P\leq 0.05$ was considered significant.

Results: The results showed that aerobic exercise had a significant effect on serum concentrations of paraoxonase-1 ($P=0.001$) and arylesterase ($P=0.006$) in obese girls. However, there was no significant difference between the effects of eight weeks of aerobic and resistance training on the plasma levels of cholesterol, triglycerides and LDL in obese girls ($P\leq 0.05$). Also, the results showed that plasma HDL levels significantly increased after eight weeks of aerobic training in obese girls ($P=0.007$). The effects of eight weeks of aerobic and resistance training on plasma VLDL level, were significantly different from those of the control group ($P=0.001$).

Conclusion: According to the results of this study, it seems that aerobic exercise can increase paraoxonase-1 and arylesterase plasma levels and also modify lipid profile which can result in reduced risk of cardiovascular diseases in obese people.

Key words: Obesity, Aerobic training, Resistance Training, Paraoxonase-1, Arylesterase.

Received: Jan 29, 2016 **Accepted:** Jun 6, 2016

مقایسه تاثیر هشت هفته تمرین هوازی و مقاومتی بر فعالیت آنزیم پاراکسوناز-۱، آریل استراز و نیمرخ لیپیدی در دختران چاق

مژگان احمدی^۱، آسیه عباسی دلویی^۲، لاله بهبودی^۳

۱. استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهرری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (مؤلف مسئول)، تلفن ثابت: ۰۲۱-۴۴۶۶۳۹۸۱

mahmadi1376@gmail.com

۲. استادیار فیزیولوژی ورزشی، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

۳. استادیار فیزیولوژی ورزشی، واحد اسلام شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلام شهر، ایران

چکیده

هدف: هدف از این تحقیق بررسی مقایسه تاثیر هشت هفته تمرین هوازی و مقاومتی بر فعالیت آنزیم پاراکسوناز-۱، آریل استراز و نیمرخ لیپیدی در دختران چاق بود.

روش بررسی: بدین منظور، ۳۰ زن چاق (سن 30 ± 5 سال، قد 160 ± 2 متر، وزن $85/23 \pm 6/7$ کیلوگرم و شاخص توده بدنی 33 - 31 کیلوگرم/مجدور متر) انتخاب و به طور تصادفی به سه گروه تمرین هوازی (۱۰ نفر)، تمرین مقاومتی (۱۰ نفر) و کنترل (۱۰ نفر) تقسیم شدند. گروه‌های تجربی، تمرین هوازی روی تردمیل با شدت ۶۰ تا ۷۵٪ ضربان قلب ذخیره و تمرین مقاومتی با شدت ۵۵ تا ۷۵ IRM را به مدت هشت هفته انجام دادند. نمونه‌های خون آزمودنی‌ها ۴۸ ساعت قبل و بعد از پروتکل تمرینی و ۱۲ ساعت بعد از ناشتایی جمع‌آوری شد. داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یکطرفه و آزمون تعقیبی توکی در سطح $P \leq 0/05$ تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد تمرین هوازی بر غلظت آنزیم پاراکسوناز-۱ ($P=0/001$) و آریل استراز ($P=0/006$) در دختران چاق اثر معناداری داشت. با این وجود، بین اثر هشت هفته فعالیت هوازی و مقاومتی بر کلسترول، تری‌گلیسیرید، LDL پلاسما، در دختران چاق تفاوت معناداری وجود نداشت ($P>0/05$). همچنین، نتایج نشان داد پس از هشت هفته فعالیت هوازی سطوح HDL پلاسما در دختران چاق به طور معناداری افزایش یافت ($P=0/007$). بین اثر هشت هفته فعالیت هوازی و مقاومتی بر VLDL پلاسما با گروه کنترل نیز تفاوت معناداری وجود داشت ($P=0/001$).

نتیجه‌گیری: با توجه نتایج تحقیق حاضر به نظر می‌رسد تمرین هوازی می‌تواند با افزایش سطوح آنزیم پاراکسوناز-۱ و آریل استراز و همچنین اصلاح نیمرخ لیپیدی، خطر بیماری قلبی-عروقی در افراد دارای چاقی را کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: چاقی، تمرین هوازی، تمرین مقاومتی، پاراکسوناز-۱، آریل استراز

وصول مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۱۰ اصلاحیه نهایی: ۱۳۹۵/۳/۸ پذیرش: ۱۳۹۵/۳/۱۷

مقدمه

امروزه نقش فعالیت بدنی در زمینه تغییر سبک زندگی مورد توجه محققان علوم مختلف به خصوص متخصصان فیزیولوژی ورزشی قرار گرفته و این افراد درصددند موثرترین شیوه های فعالیت ورزشی را در راستای کارآمدی ورزش به عنوان بخش مهمی از سبک زندگی سالم و بهداشتی در درمان و پیشگیری بسیاری از بیماری های مرتبط با بی تحرکی از جمله بیماری های قلبی و عروقی توسعه دهند. در راستای این تحقیقات یکی از موضوعات مورد توجه محققین، ارتباط بین چاقی و فاکتورهای مربوط به آن و اثر فعالیت ورزشی بر آنهاست (۱).

یکی از شایع ترین اختلالات لیپیدی در افراد چاق، بالا بودن سطح تری گلیسرید و کاهش HDL-C است. بالا بودن سطح HDL-C یکی از قوی ترین عوامل جلوگیری کننده بیماری های قلبی - عروقی محسوب می شود. HDL-C می تواند LDL-C را در مقابل آسیب اکسیداتیو محافظت کرده و از ایجاد LDL-C اکسید شده جلوگیری کند (۲). یکی از عوامل مطرح شده در تعدیل اکسیداسیون لیپیدها، آنزیم پاراکسوناز-۱ است.

نقش و اهمیت آنزیم PON در پاتوژنز بیماری های مختلف از جمله چاقی و سندرم متابولیک در مطالعات مختلف تأیید شده است (۳-۵). پاراکسوناز سرمی انسان (PON) آنزیمی است که توسط کبد سنتز می شود و وارد جریان خون شده و بوسیله HDL منتقل می شود که دارای خاصیت آنتی اکسیدانی و قدرت محافظت در برابر عواملی همچون اکسیداسیون لیپیدها و لیوپروتئین های کم چگال است. همچنین این آنزیم قادر به متابولیزه کردن پراکسیداسیون چربی هاست و ممکن است پاسخ های عفونی در سلول های دیواره شریانی را تعدیل کند (۶). تحقیقات نشان داده اند که در حیوانات چاق و دارای سندرم متابولیک، فعالیت PON سرمی کاهش می یابد (۷)، در این

رابطه تحقیقات نشان داده اند که سطوح PON سرمی در انسان های چاق کاهش می یابد و سطوح آن با افزایش هیدروپروکسید لیپید در HDLs و LDLs مرتبط می باشد (۸).

مطالعات نشان داده اند که فعالیت آنزیم تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند سن، جنس (۷ و ۹) و همچنین فعالیت ورزشی (۱۱-۱۵) قرار می گیرد.

در همین راستا، نلکیکن و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند یک دوره برنامه تمرین هوازی منظم فعالیت PON در زنان میانسال را بهبود می بخشد (۱۱). همچنین اتلی (۲۰۱۳) مشاهده کرد که سطوح پاراکسوناز و آریل استراز پس از دوره سه روزه فوتبال در بازیکنان فوتبال به طور معنی داری نسبت آزمودنی های غیر فعال بالاتر بود (۱۲). تاس و همکاران (۲۰۱۲) نیز در پژوهشی نشان دادند سطوح PON پس از ۸ هفته دوی اینتروال کاهش غیر معناداری داشت اما کاهش آریل استراز معنادار بود. در گروه دوی تداومی پس از تمرین تفاوت معناداری در سطوح PON وجود داشت هرچند که تفاوت سطح آریل استراز معنادار نبود (۱۳). از طرفی ارسلان و همکاران (۲۰۰۲) افزایش سطوح پاراکسوناز بعد از یک دوره فعالیت منظم را گزارش کردند (۱۴). با این وجود، بریتیس و همکاران (۲۰۰۰) در تحقیقی اثر ۲ هفته تمرین با ۲۴ ساعت در هر هفته را بر آریل استراز دو گروه از مردان ورزشکار و بی تحرک مقایسه کردند و گزارش دادند که بعد از دو هفته تمرین تغییری در آریل استراز دو گروه وجود ندارد (۱۵). اگرچه مطالعاتی در خصوص اثر تمرین بر شاخص های هموستازی و لیوپروتئین های سرمی آزمودنی های دارای اضافه وزن و چاق انجام شده (۲۲-۱۶)؛ اما اطلاعات اندک و متناقضی در مورد اثر نوع و میزان فعالیت های بدنی بر فعالیت پاراکسوناز-۱ و تعامل بین فعالیت این آنزیم با فعالیت بدنی وجود دارد. به طوری که در برخی مطالعات تغییری در غلظت سرمی پاراکسوناز-۱ متعاقب تمرین استقامتی در

¹ - Paraoxonase (PON)

برای اجرای برنامه تمرین هوازی پس از اندازه‌گیری ویژگی‌های آنتروپومتری، طی دو هفته‌ی اول تمرینات، شرکت کنندگان به تدریج با تمرین اصلی آشنا شدند. در این مرحله آزمودنی‌های گروه تجربی تا پایان هفته هشتم در یک برنامه تمرین هوازی دویدن روی تردمیل با شدت ۵۵ تا ۶۵٪ ضربان قلب ذخیره و شیب صفر درجه سانتی‌گراد، سه جلسه در هفته و حداقل ۳۵ دقیقه در هر جلسه شرکت نمودند. همچنین هر جلسه ۱۰ دقیقه راه رفتن و حرکات کششی برای گرم کردن، و ۵ دقیقه راه رفتن و حرکات کششی برای سرد کردن در نظر گرفته شد.

یک هفته قبل از شروع برنامه‌ی تمرینات مقاومتی، آزمودنی‌ها به سالن تمرین دعوت شدند و برنامه تمرینات، نام ایستگاه‌ها و نحوه‌ی کار با دستگاه‌های بدن‌سازی به آنها آموزش داده شد. از آزمودنی‌ها خواسته شد شدت یک ست ۱۵ تکراری را در هر یک از ایستگاه‌ها با دستگاه‌های مربوطه انجام دهند. بعد از ۴۸ ساعت آزمودنی‌ها به سالن بدنسازی آمده تا آزمون یک تکرار بیشینه با توجه به فرمول برزسکی، با تعداد تکرار کمتر از ۱۰ برای هر ایستگاه را انجام دهند.

[(تکرار $\times 0.278$) - $1/0.278$] / وزن به کیلوگرم =
فرمول برزسکی

۷۲ ساعت بعد از تعیین یک تکرار بیشینه، دو جلسه تمرین در نظر گرفته شد تا آزمودنی‌ها آمادگی اولیه را بدست آورند و با زمان بندی تمرین بین ایستگاه‌ها و نوبت‌ها آشنا شوند. بعد از انجام این تمرینات آماده‌سازی، برنامه‌ی تمرینی به مدت هشت هفته آغاز شد.

تمرینات گروه قدرتی شامل ۸ هفته و هر هفته سه جلسه بود. برنامه تمرین شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن (دویدن آرام، نرمشی و کششی) و سپس انجام شش حرکت ایستگاهی بود. ایستگاه‌ها به ترتیب شامل حرکات پرس پا، پرس سینه، پشت بازو، جلو بازو، حرکت شکم، کشش جانبی، سرکول و نیم اسکات است. ایستگاه‌ها طوری تنظیم شدند که گروه

افراد چاق گزارش نشده است (۲۲-۱۶). در حالی که در برخی دیگر از تحقیقات افزایش غلظت آن متعاقب تمرین در افراد مبتلا به سندرم متابولیک گزارش شده است (۲۲-۱۶). لذا، به دلیل وجود نتایج متناقض در مورد ارتباط بین فعالیت PON و آریل استراز با سطوح لیپیدی، و انواع فعالیت بدنی، این مطالعه به منظور بررسی مقایسه تاثیر هشت هفته تمرین هوازی و مقاومتی بر فعالیت آنزیم پاراکسوناز-۱، آریل استراز و نیمرخ لیپیدی در دختران چاق انجام شد.

روش بررسی

با توجه به طرح تحقیق که در آن گروه‌های مختلف آزمودنی‌های انسانی (گروه تمرین و گروه کنترل) در دو مرحله (پیش از انجام تمرین و پس از انجام ۸ هفته تمرین) به لحاظ برخی متغیرها بررسی شدند، و در اجرای آن امکان کنترل تمامی عوامل اثرگذار بر متغیرهای اندازه‌گیری شده نیز وجود ندارد، روش انجام تحقیق حاضر نیمه تجربی و از نوع کاربردی است. جامعه تحقیق حاضر را زنان چاق مراجعه کننده به باشگاه‌های ورزشی شهرستان آمل در سال ۱۳۹۴ تشکیل دادند. دامنه سنی آزمودنی‌های این تحقیق (۲۷-۳۴) سال است. این افراد از مراجعه کنندگان داوطلب به باشگاه‌های شهرستان آمل انتخاب شدند. همگی آنان زنان چاق غیر فعال بودند. برای انتخاب نمونه‌ی آماری، پرسشنامه بین مراجعه کنندگان به باشگاه‌های شهرستان آمل توزیع شد و از آنان درخواست شد که در صورت تمایل داوطلبانه در این تحقیق شرکت کنند. در این دعوت نامه توضیحات لازم در رابطه با شیوه‌ی اجرای تحقیق و برنامه‌ی تمرینی هم ارائه شد، بر این اساس، از کسانی که اعلام آمادگی کردند دعوت شد تا در جلسه توجیهی شرکت کنند و در پایان ۳۰ آزمودنی که واجد شرایط این تحقیق بودند به طور تصادفی ساده به سه گروه تمرین هوازی (۱۰ نفر)، تمرین مقاومتی (۱۰ نفر) و کنترل (۱۰ نفر) تقسیم شدند.

اجرای برنامه تمرین هوازی و مقاومتی

فعالیت آنزیم آنتی اکسیدانتي PON-1 با افزودن 50 μl (0.05 ml) از سرم یا پلاسماي خون افراد تحت مطالعه به 2 ml از بافر تريس-اسيد كلريدريك ۱۰۰ ميلي مولار (2 ml. Tris-HCl 100 mmol/L, pH=8) که حاوی کلريد کلسيم ۲ ميلي مولار (CaCl_2 2 mmol/L) و سوبسترای پاراکسون ۵/۵ ميلي مولار (Paraoxon 5.5 mmol/L) اجرا و ارزیابی می شود. سپس سرعت توليد محصول پارانیترفونول (که یک محصول زرد رنگ است) در طول موج 405nm و در دمای 25 °C در مقابل بلانک به کمک اتوانالایزر یا اسپکتروفوتومتریک می تواند بیانگر سطح فعالیت آنزیم PON-1 باشد. محلول بلانک با افزودن 50 μl (0.05 ml) از آب مقطر دو بار تقطیر به 2 ml از بافر تريس-اسيد كلريدريك ۱۰۰ ميلي مولار (2 ml. Tris-HCl 100 mmol/L, pH=8) که حاوی کلريد کلسيم ۲ ميلي مولار (CaCl_2 2 mmol/L) و سوبسترای پاراکسون ۵/۵ ميلي مولار (Paraoxon 5.5 mmol/L) بدست می آید. سپس تغییرات جذب در دقیقه ($\Delta\text{OD}/\text{min}$) را محاسبه نموده که در ارتباط با ضریب جذب مولی پاراکسون جهت تعیین فعالیت آنزیم آنتی اکسیدانتي PON-1 استفاده می شود. فعالیت آنزیم PON-1 در سرم یا پلاسماي خون افراد تحت مطالعه بر مبنای واحد Iu/L گزارش می شود.

ارزیابی سطح فعالیت آنزیم آریل استراز (ARE) فعالیت آنزیم ARE با افزودن 50 μl (0.05 ml) از پلاسماي خون افراد تحت مطالعه به ۲ ميلي لیتر از بافر تريس-اسيد كلريدريك ۲۰ ميلي مولار (2 ml. Tris-HCl 20 mmol/L, pH=8) که حاوی کلريد کلسيم ۱ ميلي مولار (CaCl_2 1 mmol/L) و سوبسترای فنیل استات یک ميلي مولار (Phenyl acetat 1 mmol/L) است اجرا و ارزیابی می شود. سپس سرعت توليد محصول نیترفونوکسید (یک محصول زرد رنگ) در طول موج

عضلات بزرگ بدن را تقویت کنند و دو ایستگاه پشت سر هم عضلات مشابهی را تقویت نکنند. برنامه تمرین در هر جلسه شامل چهار نوبت، نوبت اول با شدت ۵۵٪ یک تکرار بیشینه و نوبت های بعدی با شدت های ۶۰، ۶۵، ۷۰ و ۷۵٪ یک تکرار بیشینه انجام شد. هر نوبت به ترتیب ۱۰، ۱۱ و ۱۲ تکرار بود. زمان استراحت بین نوبت ها ۶۰ ثانیه و پس از پایان تمرینات هر ایستگاه به مدت دو دقیقه استراحت تعیین گردید. اصل اضافه بار به گونه ای اعمال شد که بعد از هر چهار هفته تمرین، یک آزمون یک تکرار بیشینه برای هر فرد در هر ایستگاه انجام گردید.

اکسیژن مصرفی بیشینه و ضربان قلب بیشینه: اکسیژن مصرفی آزمودنی ها با استفاده از آزمون نوارگردان بروس به شرح زیر برآورد شد: پروتکل ده مرحله ای نوارگردان بروس با سرعت ۲/۷۴ کیلومتر بر ساعت و شیب ۱۰٪ آغاز می شود و درصد شیب (۲۸٪) و سرعت (۱۲/۰۷) نوارگردان افزایش می یابد. آزمون تا زمانی ادامه می یابد که آزمودنی خسته شده و قادر به ادامه آزمون نباشد. زمان آزمون به دقیقه و تا دو رقم اعشار از لحظه ی شروع تا زمانی که فرد قادر به ادامه فعالیت نباشد اندازه گیری و محاسبه می گردد و به صورت کسری از دقیقه در معادلات برآوردی جهت برآورد توان هوازی مورد استفاده قرار می گیرد. سپس با استفاده از فرمول زیر، حداکثر اکسیژن مصرفی برحسب میلی لیتر بر کیلوگرم بر دقیقه برآورد شد:

$$\text{VO}_{2\text{max}} \text{ زنان} = (۴/۳۸ \times \text{زمان اجرای آزمون}) - ۳/۹$$

برای ارزیابی متغیرهای بیوشیمیایی عمل خون گیری پس از ۱۲ تا ۱۴ ساعت ناشتایی و در دو مرحله قبل و بعد از ۸ هفته (۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین) از سیاهرگ آنتی کویبتال دست چپ آزمودنی ها در حالت استراحتی و در وضعیت نشسته (۱۰ میلی لیتر خون) گرفته شد.

ارزیابی سطح فعالیت آنزیم پاراکسوناز-۱ (PON-1)

اثر هشت هفته تمرین استقامتی و مقاومتی بر غلظت آنزیم پاراکسوناز-۱ پلاسما در دختران چاق تفاوت وجود داشت و این تفاوت در دو گروه تمرین هوازی و کنترل معنادار بود ($P=0/001$) (نمودار ۱). همچنین، بین اثر هشت هفته تمرین استقامتی و مقاومتی بر غلظت آریل استراز پلاسما در دختران چاق تفاوت معنی داری وجود داشت و این تفاوت در دو گروه تمرین هوازی و کنترل معنادار بود ($P=0/006$) (نمودار ۲). نتایج آزمون تحلیل واریانس مربوط به کلسترول، تری گلیسرید، HDL، LDL و VLDL پلاسما در گروه - های مختلف در جدول ۲ آورده شده است. نتایج نشان داد که بین اثر هشت هفته فعالیت هوازی و مقاومتی بر کلسترول، تری گلیسرید، LDL پلاسما، در دختران چاق تفاوت معناداری وجود نداشت. با این وجود، بین اثر هشت هفته فعالیت هوازی و مقاومتی بر HDL پلاسما در دختران چاق تفاوت وجود داشت و این تفاوت بین دو گروه تمرین هوازی و کنترل معنادار بود (جدول ۳). همچنین، بین اثر هشت هفته فعالیت هوازی و مقاومتی بر VLDL پلاسما در دختران چاق تفاوت وجود داشت و این اختلاف در گروه های تمرین مقاومتی و هوازی با گروه کنترل معنادار بود (جدول ۴).

405nm و در دمای 25°C در مقابل بلانک به کمک اتوآنالایزر یا اسپکتروفوتومتریک می‌تواند بیانگر سطح فعالیت آنزیم ARE باشد. تهیه محلول بلانک نیز مثل روش فوق بوده و به جای سرم از آب مقطر استفاده می‌شود. سپس تغییرات جذب در دقیقه ($\Delta\text{OD}/\text{min}$) را محاسبه نموده که در ارتباط با ضریب جذب مولی فیل استات، می‌تواند جهت تعیین فعالیت آنزیم آنتی اکسیدانی آنزیم ARE استفاده شود. فعالیت آنزیم ARE در سرم یا پلاسما خون افراد تحت مطالعه بر مبنای واحد Iu/L گزارش می‌شود.

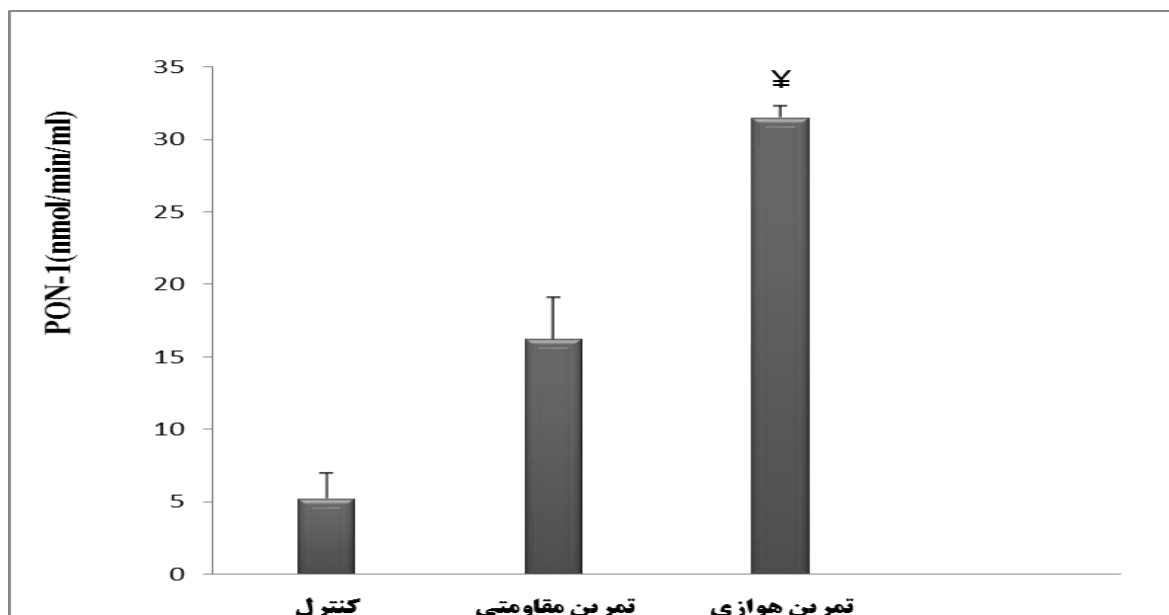
برای بررسی همگنی واریانس‌ها در پیش آزمون، از آزمون لوین استفاده شد. برای اطمینان از طبیعی بودن توزیع متغیرها، از آزمون کلموگروف-اسمیرنف استفاده شد. بعد از اینکه طبیعی بودن توزیع داده‌ها مشخص گردید، برای مقایسه متغیرهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی روش آماری آنالیز واریانس یکطرفه و در صورت مشاهده معناداری از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. تمامی محاسبات با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۲ انجام شد و سطح معناداری آزمون‌ها $P < 0/05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در جدول ۱ میانگین و انحراف معیار مربوط به ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها آورده شده است. نتایج نشان داد که بین

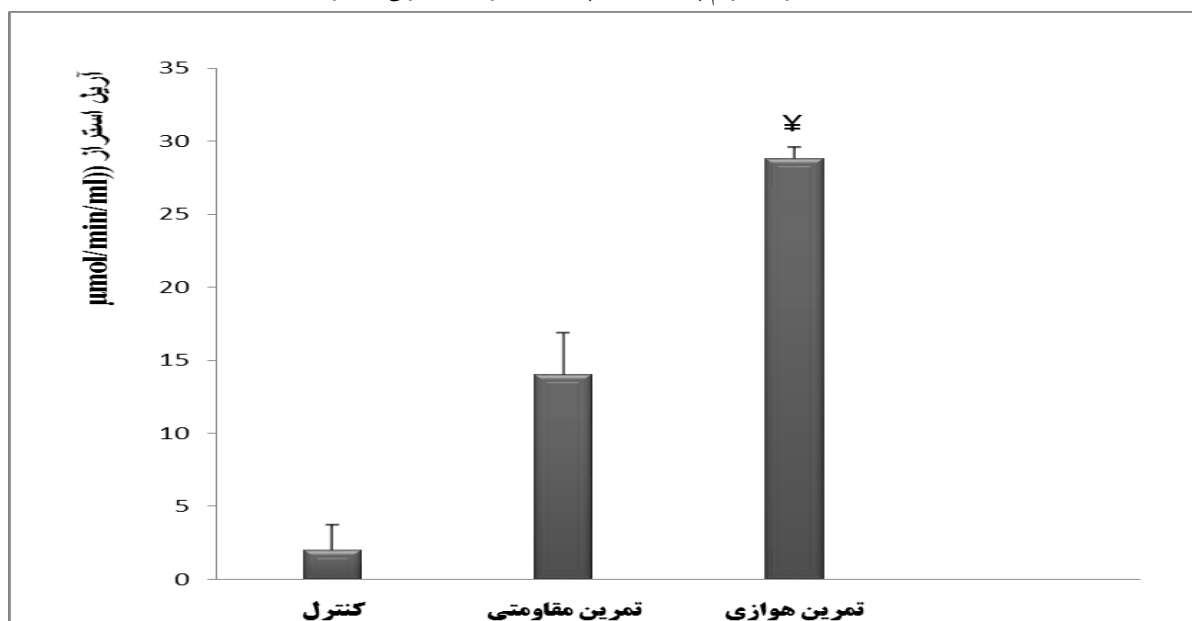
جدول ۱. میانگین و انحراف معیار مربوط به ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها

متغیر	گروه	کنترل	تمرین مقاومتی	تمرین هوازی
سن (سال)	$30/10 \pm 2/13$	$30/60 \pm 2/5$	$31/12 \pm 1/56$	
قد (متر)	$1/62 \pm 0/04$	$1/61 \pm 0/06$	$1/59 \pm 1/02$	
وزن (کیلوگرم)	$85/56 \pm 5/06$	$84/93 \pm 6/52$	$85/02 \pm 8/26$	
BMI (کیلوگرم/مجدور متر)	$32/40 \pm 1/51$	$33/58 \pm 1/36$	$33/04 \pm 2/28$	
درصد چربی (درصد)	$39/72 \pm 8/42$	$35/82 \pm 6/34$	$32/50 \pm 2/63$	
حداکثر اکسیژن مصرفی (کیلوگرم در دقیقه بر حسب میلی لیتر)	$30/90 \pm 2/23$	$28/95 \pm 4/419$	$32/50 \pm 2/63$	



* تفاوت معنی دار نسبت به گروه کنترل

نمودار ۱. تغییرات آنزیم پاراکسوناز-۱ پلاسما در گره های تجربی و کنترل



* تفاوت معنی دار نسبت به گروه کنترل

نمودار ۲. تغییرات آریل استراز پلاسما در گره های تجربی و کنترل

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل واریانس مربوط به کلسترول، تری گلیسرید، HDL، LDL و VLDL پلاسما در گروه‌های مختلف

سطح معناداری	نسبت F	میانگین مجذورات	متغیر	میانگین
۰/۲۷۰	۱/۳۷۵	۲۸۲/۲۶۷	بین گروه‌ها	کلسترول پلاسما
		۲۰۵/۲۵۴	درون گروه	(mg/dL)
۰/۹۴	۰/۰۵۴	۶۵/۲۱۰	بین گروه‌ها	تری گلیسرید پلاسما
		۱۲۰۴/۵۴۳	درون گروه	(mg/dL)
* ۰/۰۰۸	۵/۸۴۵	۱۳۵/۱۰۰	بین گروه‌ها	HDL پلاسما
		۲۳/۱۱۵	درون گروه	(mg/dL)
۰/۱	۲/۵۱۳	۴۱۸/۵۳۹	بین گروه‌ها	LDL پلاسما
		۱۶۶/۵۳۹	درون گروه	(mg/dL)
* ۰/۰۰۱	۸/۶۸۹	۴۲/۹۷۲	بین گروه‌ها	VLDL پلاسما
		۴/۹۴۶	درون گروه	(mg/dL)

جدول ۳. نتایج آزمون توکی تغییرات HDL پلاسما در گروه‌های مختلف

گروه	گروه	اختلاف میانگین	سطح معناداری
تمرین مقاومتی	تمرین هوازی	-۱/۹۰	۰/۶۵
تمرین هوازی	کنترل	۵/۲۰	۰/۰۵۷
تمرین هوازی	کنترل	۷/۱۰	* ۰/۰۰۷

جدول ۴. نتایج آزمون توکی تغییرات VLDL پلاسما در گروه‌های مختلف

گروه	گروه	اختلاف میانگین	سطح معناداری
تمرین هوازی	تمرین مقاومتی	۰/۵۰	۰/۸۶
تمرین هوازی	کنترل	-۳/۳۱	* ۰/۰۰۷
تمرین مقاومتی	کنترل	-۳/۸۱	* ۰/۰۰۲

بحث

مبتلا به سندرم متابولیک، متعاقب فعالیت بدنی روی دوچرخه کارسنج به مدت ۳ ماه، افزایش در سطح پاراکسوناز-۱ سرمی را گزارش کردند (۲۱). همچنین در مطالعه توماس و همکاران (۲۰۰۲) افزایش سطح پاراکسوناز-۱ متعاقب ۱۶ هفته تمرین هوازی گزارش شد (۲۳). در مطالعه اوتاكا و همکاران (۲۰۱۰) روی افراد ورزشکار (۲۲) و مطالعه گلدهامر و همکاران (۲۰۰۷) روی بیماران مبتلا به سندرم متابولیک، افزایش در سطح پاراکسوناز-۱ مشاهده شده است (۲۴). با این وجود، نتایج

نتایج تحقیق حاضر نشان داد بین اثر هشت هفته تمرین استقامتی و مقاومتی بر غلظت آنزیم پاراکسوناز-۱ پلاسما در دختران چاق تفاوت وجود داشت و این تفاوت در دو گروه تمرین هوازی و کنترل معنادار بود. همچنین، در تحقیق حاضر تفاوت معناداری بین اثر هشت هفته تمرین هوازی بر غلظت آریل استراز پلاسما در دختران چاق با گروه کنترل مشاهده شد. همخوان با نتایج تحقیق حاضر، کاسلا-فیلهو و همکاران (۲۰۱۱) روی آزمودنی زن و مرد

ثابت است. در افراد میانسال با گسترش شرایط فشار اکسایشی ممکن است فعالیت پاراکسوناز-۱ کاهش یابد (۲۶). همچنین نوع فعالیت ورزشی به کار رفته نیز اثرات متفاوتی را بر سیستم‌های ترشحی و متابولیکی می‌گذارد (۱۳). مطالعات نشان داده رژیم غذایی پرچرب در درازمدت می‌تواند منجر به چاقی و سندرم متابولیک شده و در نهایت منجر به کاهش سطح پاراکسوناز-۱ گردد (۲۶). با این حال فعالیت بدنی می‌تواند منجر به تغییر سطوح سرمی PON1 در افراد چاق گردد. بنابراین برای روشن‌تر شدن مکانیسم مولکولی پاراکسوناز-۱ و تغییرات آن در بدن در اثر فعالیت‌های ورزشی انجام تحقیقات بیشتر ضرورت دارد. به نظر می‌رسد ورزش شدید از طریق بالا بردن روند پراکسیداسیون چربی، که در واقع به کاهش PON1 می‌انجامد، موجب فشار اکسایشی می‌شود (۲۳) و توسعه شرایط فشار اکسایشی، در تغییر فعالیت PON1 و ARE موثر است (۲۷) در کل می‌توان اظهار داشت که ایجاد تغییر در فعالیت PON1 و ARE سرم، احتمالاً به تحریک وابسته به تمرین شدید و مداوم نیاز دارد و شاید تفاوت معنادار گروه استقامتی و کنترل در این پژوهش به همین دلیل باشد. گزارش شده که فعالیت پاراکسوناز ممکن است در طی التهاب تغییر کند. گونه‌های فعال اکسیژن بوسیله نوتروفیل‌های فعال شده در طی پاسخ التهابی تولید شده و آن‌ها در بافت‌های آسیب دیده بوسیله ی التهاب ایجاد می‌شوند (۲۸).

از طرفی، نتایج تحقیق حاضر نشان داد بین اثر هشت هفته فعالیت هوازی و مقاومتی بر کلسترول، تری‌گلیسرید، LDL پلاسما، در دختران چاق تفاوت معناداری وجود نداشت. با این وجود، اثر هشت هفته تمرین هوازی بر HDL آزمودنی‌ها در مقایسه با گروه کنترل معنادار بود. همچنین در این پژوهش هشت هفته تمرین هوازی و مقاومتی در VLDL پلاسما اثر معناداری را در دو گروه در مقایسه با گروه کنترل ایجاد کرد. در همین راستا، سردار و

تحقیق حاضر با برخی از تحقیقات انجام شده قبلی ناهمخوان است. ریچتر و همکاران (۲۰۰۵) پس از ۱۲ هفته تمرین استقامتی در بزرگسال (زن و مرد) مبتلا به سندرم متابولیکی، عدم تغییر در سطح پاراکسوناز-۱ سرم را گزارش کردند (۲۵). همچنین، ایچرو و همکاران (۲۰۱۲) اثر ۶ ماه فعالیت بدنی هوازی با شدت پایین به همراه رژیم غذایی در زنان چاق بزرگسال را بررسی و عدم تغییر غلظت سرمی پاراکسوناز-۱ را گزارش کردند (۱۶). در مطالعه روبرتز و همکاران (۲۰۰۶) نیز عدم تغییر معنی‌دار سطح پاراکسوناز-۱ در مردان چاق بزرگسال بعد از تمرین هوازی بر روی تردمیل با شدت ۷۰-۸۵ درصد حداکثر ضربان قلب، گزارش گردید (۲۰). در مقابل تاس و همکاران در مردان جوان دو روش تمرین استقامتی دوی تناوبی با شدت ۸۰-۶۰ درصد حداکثر ضربان قلب و دوی تداومی با شدت ۷۰-۵۰ درصد حداکثر ضربان قلب به مدت ۸ هفته بر روی سطح پاراکسوناز-۱ را مورد بررسی قرار دادند و کاهش سطح PON1 گزارش شد (۱۳). در تحقیق تاس و همکاران بیان شد که احتمالاً کاهش پاراکسوناز-۱ به خاطر استرس اکسیداتیو ناشی از نوع تمرین و عامل سن است. آن‌ها بیان کردند که نوع، مدت و شدت برنامه‌های تمرینی، ویژگی افراد، مدت زمان اندازه‌گیری قبل و بعد از برنامه، روش‌های متفاوت و انجام پژوهش در محیط‌های مختلف می‌تواند بر سطوح آنتی‌اکسیدان افراد موثر باشد (۱۳). ناهمخوانی نتایج در تحقیقات فوق با تحقیق حاضر می‌تواند با چند عامل ارتباط داشته باشد. این احتمال وجود دارد که نوع پاسخ و سازگاری در گروه‌های سنی به شرایط فیزیولوژیکی که در آن قرار گرفته‌اند؛ متفاوت باشد. همانطور که گفته شد سن عامل تعیین‌کننده فعالیت پاراکسوناز-۱ است (۱۶). نتایج مطالعات انسانی نشان داده فعالیت سرم PON1 در هنگام تولد بسیار پایین است و در طول زمان افزایش می‌یابد. فعالیت PON1 در زمان بزرگسالی، تقریباً در طول زمان

است (۲۲). به نظر می‌رسد در مطالعه حاضر شدت و مدت تمرین برای تغییر معنادار HDL-C در زنان چاق کافی بوده است. افزایش غلظت HDL-C بعد از دوره تمرین ممکن است مربوط به کاهش غلظت فعالیت CETP باشد. CETP مسئولیت حمل چربی‌ها در ملکول HDL-C و سایر لیپوپروتئین‌ها را بر عهده دارد. کاهش CETP منجر به کاهش کاتابولیسم HDL-C است و سرانجام غلظت HDL-C را افزایش می‌دهد (۳۲). یکی از محدودیت‌های تحقیق حاضر استفاده از حجم نمونه‌های اندک می‌باشد بنابراین احتمالاً بتوان با استفاده از جامعه آماری بزرگ‌تر به تبیین بهتر نتایج پرداخت.

نتیجه گیری

به طور کلی، در رابطه با اثر فعالیت ورزشی بر سطوح آنزیم‌های پاراکسوناز-۱ و آریل استراز تحقیقات اندکی وجود دارد، نتایج پژوهش حاضر نشان داد تمرین سبب افزایش سطوح این آنزیم‌ها می‌شود. به طور خلاصه با توجه به نتایج تحقیق حاضر، به نظر می‌رسد تمرین هوازی می‌تواند با افزایش سطوح آنزیم پاراکسوناز-۱ و آریل استراز و همچنین اصلاح نیمرخ لیپیدی، خطر بیماری قلبی عروقی در افراد دارای چاقی را کاهش دهد.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر برگرفته از طرح پژوهشی است که کلیه اعتبار مالی آن توسط معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی شهر ری واحد یادگار امام خمینی (ره) تامین شده است. بدین وسیله تشکر خالصانه خود و همکارانم را از آن واحد محترم ابراز می‌دارم.

Reference

1. Rashtchizadeh N, Ghorbanihaghjo A, Mir Momeni MM, Ghoran MG and Hashemzadeh J. Effects of aqueous garlic extract on paraoxonase and arylesterase activity in rats. Urmia Medical Journal 2010; 21: 260-266.

همکاران عدم تغییر در کلسترول تام، LDL و HDL بعد از ۸ هفته تمرینات منظم در افراد دیابتی را مشاهده کردند. اما میزان TG و درصد چربی کاهش معنی‌داری نشان داد (۲۹). همچنین، گائینی و همکاران کاهش LDL-C را در طی تمرین هوازی تناوبی و تداومی گزارش کرده‌اند (۳۰). در حالی که در مطالعه کاسلافیلهو و همکاران (۲۰۱۱) تمرین ورزشی کوتاه مدت بر سطح سرمی و خواص HDL در بیماران سندرم متابولیک تغییری در LDL ایجاد نکرد (۲۱). محققان واکنش HDL به فعالیت ورزشی را به چند عامل نسبت می‌دهند، از جمله: شدت، مدت، آزمودنی و سطح پایه لیپوپروتئین متفاوت (۳۱). از نظر سازوکارهای درگیر در روند کاهش میزان LDL می‌توان گفت اجرای فعالیت‌های ورزشی موجب افزایش فعالیت آنزیم لیپوپروتئین لیپاز و موجب کاتابولیسم لیپوپروتئین‌های غنی از تری‌گلیسرید می‌گردد. بافت‌های چربی دارای مویرگ‌های متعدد و اعصاب اتونومیک هستند. از این رو همه اعمال متابولیک آنها توسط عوامل هورمون‌های تیروئیدی، جنسی و عصبی کنترل می‌شود و تنها یک علت را نمی‌توان برای افزایش و یا کاهش یک متغیر ذکر کرد (۲۱). یکی از علل مهم افزایش لیپولیز، تحریک گیرنده‌های بتا آدرنرژیک است که در تمرین هوازی کاهش می‌یابد و در نهایت به افزایش لیپولیز منجر می‌شود که سبب می‌گردد مقدار کلسترول غیراستریفیه ذرات LDL-C افزوده شود و از مقدار پروتئین این ذرات کاسته شود. در مطالعه حاضر بررسی‌ها نشان داد که سطح کلسترول، تری-گلیسرید و LDL-C در هر دو گروه تمرینی تفاوت معناداری با گروه کنترل نداشت، فقط تغییر در سطح HDL در گروه هوازی نسبت به کنترل معنادار بود. محققین نشان داده‌اند مکانیسم تغییرات HDL-C متعاقب تمرین پیچیده

2. Wang Z, Nakayama T. Inflammation, a link between obesity and cardiovascular disease. *Mediators Inflamm* 2010; 18:1-17.
3. Camps J, Marsillach J, Joven J. The paraoxonases: role in human diseases and methodological difficulties in measurement. *Crit Rev Clin Lab Sci* 2009; 46:83-106.
4. Agirbasli M, Tanrikulu A, Erkus E, Azizy M, Sevim BA, Kaya Z, et al. Serum paraoxonase-1 activity in children: the effects of obesity and insulin resistance. *Acta Cardiol* 2014; 69:679-85.
5. Krzystek-Korpacka M, Patryn E, Hotowy K, Czapińska E, Majda J, Kustrzeba-Wójcicka I, et al. Paraoxonase (PON)-1 activity in overweight and obese children and adolescents: association with obesity-related inflammation and oxidative stress. *Adv Clin Exp Med* 2013; 22:229-36.
6. Noto H, Hashimoto Y, Satoh H, Hara M, Iso-o N, Togo M, et al. Exclusive association of paraoxonase 1 with high density lipoprotein particles in apolipoprotein A-I deficiency. *Biochem Biophys Res Commun* 2001; 289:395-401.
7. Moyà Elena Thomàs, Yolanda Gómez-Pérez, Miguel Fiol, Magdalena Gianotti, Isabel Lladó, Ana M Proenza. Gender related differences in paraoxonase 1 response to high-fat diet-induced oxidative stress. *Obesity* 2008; 16:2232-2238.
8. Ferretti G, Bacchetti T, Moroni C, Savino S, Liuzzi A, Balzola F, Bicchiega V. Paraoxonase activity in high density lipoproteins: a comparison between healthy and obese females. *J Clin Endocrinol Metab* 2005; 90:1728-1733.
9. Aviram M, Rosenblat M. Paraoxonases and cardiovascular diseases: pharmacological and nutritional influences. *Curr Opin Lipidol* 2005; 16:393-399.
10. Rainwater DL, Rutherford S, Dyer TD, Rainwater ED, Cole SA, VandeBerg JL, et al. Determinants of variation in human serum paraoxonase activity. *Heredity* 2009; 102: 147-154.
11. Nalcakan GS, Rana V, Faruk T, Mesut NM, Zeki OS, Oguz K. Effects of aerobic training on serum paraoxonase activity and its relationship with PON1-192 phenotypes in women. *Journal of Sport and Health Science* 2015; 10:1-7.
12. Atli M. Serum paraoxonase activity and lipid hydroperoxide levels in adult football players after three days football tournament. *Afr Health Sci* 2013; 13:565-70.
13. Tas M, Zorba E, Yaman M. Comparison of the effects of different training methods on arylesterase activity and paroxonase activity levels in hot environment. *TOJRAS: The Online Journal of Recreation and Sport*, 2012; 1: 1-8
14. Arslan C, Gulcu F, Gursu MF. Effects of oxidation stress caused by acute and chronic exercise on levels of serum metabolites, paraoxonase and arylesterase activities. 28 Meeting of the Federation of European Biochemical societies; 2002; 22: 20-25.
15. Britez F, Travacio M, Gambino G, Wikinski R. Regular exercise improve lipid and antioxidant profile. Abstracts of XIIth international symposium on atherosclerosis, Stockholm, Sweden 2000; 162: 25-29.
16. Aicher BO, Haser EK, Freeman LA, Carnie AV, Stonik JA, Wang X, et al. Diet-induced weight loss in overweight or obese women and changes in high-density lipoprotein levels and function. *Obesity* 2012; 20:2057-62.
17. Amouzad Mahdirejei H, Aghababaeian A, Mirsaiedii M, Fadaei Reyhan Abadei S, Abbaspour Seyedii A. Effect of 8 weeks of resistance training on hemostasis indices and lipid profile in adult men. *J Gorgan Uni Med Sci*. 2014; 16:21-8. [in Persian]

18. Ramezani MR, Khosravi A. Effect of 8 weeks aerobic training and peanut consumption on lipoprotein serum levels in overweight and obese men. *J Gorgan Uni Med Sci* 2013; 15:52-8. [in Persian]
19. Kouhi F, Moradi F, Absazadegan M. Effect of resistance training on serum interleukin-18 and C-reactive protein in obese men. *J Gorgan Uni Med Sci* 2014; 16:1-8. [in Persian]
20. Roberts CK, Ng C, Hama S, Eliseo AJ, Barnard RJ. Effect of a short-term diet and exercise intervention on inflammatory/anti-inflammatory properties of HDL in overweight/obese men with cardiovascular risk factors. *J Appl Physiol* 2006; 101:1727-32.
21. Casella-Filho A, Chagas AC, Maranhão RC, Trombetta IC, Cesena FH, Silva VM, et al. Effect of exercise training on plasma levels and functional properties of high-density lipoprotein cholesterol in the metabolic syndrome. *Am J Cardiol* 2011; 107:1168-72.
22. Otocka-Kmiecik A, Lewandowski M, Stolarek R, Szkudlarek U, Nowak D, Orłowska-Majdak M. Effect of single bout of maximal exercise on plasma antioxidant status and paraoxonase activity in young sportsmen. *Redox Rep* 2010;15:275-81
23. Tomás M, Elosua R, Sentí M, Molina L, Vila J, Anglada R, et al. Paraoxonase1-192 polymorphism modulates the effects of regular and acute exercise on paraoxonase1 activity. *J Lipid Res* 2002; 43:713-20.
24. Goldhammer E, Ben-Sira D, Zaid G, Biniamini Y, Maor I, Lanir A, Sagiv M. Paraoxonase activity following exercise-based cardiac rehabilitation program. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2007; 27:151-4.
25. Richter B, Niessner A, Penka M, Grdić M, Steiner S, Strasser B, et al. Endurance training reduces circulating asymmetric dimethylarginine and myeloperoxidase levels in persons at risk of coronary events. *Thromb Haemost* 2005; 94:1306-11.
26. Cakmak A, Zeyrek D, Atas A, Erel O. Paraoxonase activity in athletic adolescents. *Pediatr Exerc Sci* 2010; 22:93-104.
27. Jaound L, Milocheritch C, Khalli A. Paraoxonase activity is reduced during HDL oxidation and is an indicator of HDL antioxidant capacity. *Free Radic Res* 2003; 37:77-83.
28. Koc S, Aksoy N, Bilinc H, Duygu F, Uysal İÖ, Ekinci A. Paraoxonase and arylesterase activity and total oxidative/anti-oxidative status in patients with chronic adenotonsillitis. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* 2011; 75: 1364–1367.
29. Sardar MA, Gaeini A, Ramezani J. The effect of 8-weeks of regular physical activity on blood glucose, body mass index, maximal oxygen uptake (Vo₂max) and risk factors cardiovascular diseases in patients with type of 1 diabetes mellitus. *Endocrine & Metabolism Research Center* 2008; 10: 91-97.
30. Gaeini AA, Kazemi F, Behzadee A. The effects of excessive aerobic continuous and interval training programs on plasma lipoproteins and serum CRP in women. *J Kerman Univ Med Sci* 2012; 9: 277-86.
31. Lewis G, Mladen V, Patricia H, Adria G. Fatty acids mediate the acute extrahepatic effects of insulin on blood flow in obese men. *J Clin Invest* 1990; 85:1844-1852.
32. D'hooge R, Hellinckx T, Van Laethem C, Stegen S, De Schepper J, Van Aken S, et al. Influence of combined aerobic and resistance training on metabolic control, cardiovascular fitness and quality of life in adolescents with type 1 diabetes: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2011; 25:349-59.