

اثر ۱۶ هفته تمرین هوازی بر فعالیت آنزیم پاراکسوناز، آریل استراز و نیمرخ لیپیدی در زنان یائسه

رضا قاسمی اوزان علیا،* آسیه عباسی دلویی^۲

چکیده

مقدمه: کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌تواند با افزایش خطر حوادث قلبی عروق همراه باشد. هدف از این تحقیق، بررسی اثر ۱۶ هفته تمرین هوازی بر فعالیت آنزیم پاراکسوناز، آریل استراز و نیمرخ لیپیدی در زنان یائسه بود.

روش بررسی: در این مطالعه نیمه تجربی، ۲۰ زن یائسه با دامنه سنی ۴۵ تا ۵۱ سال به عنوان آزمودنی انتخاب و به طور تصادفی به دو گروه تمرین هوازی و کنترل تقسیم شدند. برنامه تمرینات هوازی با شدت ۶۵-۷۰٪ ضربان قلب هدف به مدت ۴۵ دقیقه، سه‌روز در هفته و برای ۱۶ هفته اجرا شد. نمونه‌های خون آزمودنی‌ها پس از ۱۲ تا ۱۴ ساعت ناشتایی قبل و بعد از ۱۶ هفته جمع‌آوری شد. داده‌ها با استفاده از روش آماری تی همبسته برای تعیین تفاوت درون گروهی و آزمون تی مستقل برای بررسی تفاوت‌های بین گروهی در سطح $\alpha \leq 0/05$ تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد ۱۶ هفته تمرین هوازی باعث افزایش معنی‌داری در سطوح فعالیت پاراکسوناز-۱ ($p=0/032$) و HDL ($p=0/020$) و کاهش معنی‌داری در کلسترول ($p=0/001$) و VLDL ($p=0/020$) شد. سطوح آریل استراز پس از ۱۶ هفته فعالیت هوازی افزایش یافت اما این افزایش معنی‌دار نبود ($p=0/081$). همچنین، ۱۶ هفته تمرین هوازی بر مقادیر LDL و تری‌گلیسرید تأثیر معنی‌داری نداشت ($p>0/05$).

بحث و نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج تحقیق حاضر به نظر می‌رسد تمرین منظم و طولانی مدت احتمالاً با افزایش فعالیت پاراکسوناز-۱ و آریل استراز موجب بهبود سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن در زنان یائسه می‌شود. همچنین، این احتمال وجود دارد که اثر فعالیت بدنی بر فعالیت پاراکسوناز-۱ از افزایش تراکم HDL-C در افراد ناشی شود.

کلمات کلیدی: تمرین هوازی، پاراکسوناز، آریل استراز، نیمرخ لیپیدی، زنان یائسه

مقدمه

یائسگی، برهه‌ای از زندگی زنان است که فعالیت ورزشی منظم می‌تواند موجب کاهش عوارض و بیماری مربوط به آن از جمله کبد چرب، سرطان پستان، گرگرفتگی و... شود. قبل از یائسگی، خطر بیماری‌های قلبی-عروقی در زنان ۵٪ کمتر از مردان است که این خطر بعد از یائسگی با مردان برابر می‌شود و علت آن کاهش هورمون استروژن است [۱] اما تأثیر آن به خوبی مشخص نشده است. بر اساس بررسی‌های انجام شده، رشد جمیعت سالمندان در مقایسه با جوانان به گونه‌ای است که سالانه حدود ۲۵ میلیون زن در دنیا به سن یائسگی می‌رسند و این در حالی است که تعداد زنان یائسه در سال ۱۹۹۰ در جهان ۴۶۷ میلیون نفر برآورد شده بود. پیش بینی می‌شود این میزان در سال ۲۰۳۰ به یک میلیارد و ۲۰۰ هزار نفر با افزایش سالانه ۴۷ میلیون نفر مورد در سال برسد [۲]. این دوران برای اغلب زنان در جوامع مختلف نوعی اضطراب و آشفتگی به دنبال دارد [۳].

یائسگی با افزایش خطر بیماری‌های قلبی عروقی در زنان مرتبط است. عوامل خطر عبارتند از افزایش نیمرخ لیپیدی آتروژنیک و افزایش تون سمپاتیک. علاوه بر این، یائسگی با چاقی و افزایش مقاومت به انسولین همراه است. همچنین، زنان یائسه تغییرات در ترکیب شیمیایی HDL، افزایش ظرفیت اکسایش HDL و کاهش توانایی HDL برای جلوگیری از اکسیداسیون لیپوپروتئین با چگالی کم را نشان می‌دهند [۴، ۵]. یکی از آنزیم‌های HDL که دارای خواص آنتی آتروژنیک و آنتی اکسیدان است پاراکسوناز-۱ (PON-1) است که در کبد سنتز و در پلازما ترشح می‌شود و به طور عمده با HDL در ارتباط است [۶-۸]. توانایی PON-1 در هیدرولیز پاراکسون، فعالیت پاراکسونازی و اثرش بر استرس‌های مانند فنیل استات، فعالیت آریل استراز نامیده می‌شود. گزارش شده است که فعالیت این آنزیم در برابر پاراکسون دارای تغییرپذیری بیشتری

است؛ در حالی که فعالیت آریل استراز از ثبات بیشتری برخوردار است و معیار بهتری از غلظت آنزیمی است [۹]. در تحقیقات متعددی اظهار شده است که تغییرپذیری در فعالیت PON با تغییر در غلظت لیپوپروتئین‌های پلازما از جمله HDL، LDL و تری‌گلیسرید در ارتباط است [۱۰]، برخی گزارش‌ها نیز عدم ارتباط بین پاراکسوناز با سطوح لیپیدی را ذکر کرده‌اند [۱۱]. زاگو و همکاران تغییرات در غلظت، ترکیب و عملکرد HDL در زنان یائسه را گزارش کردند که می‌تواند بر فعالیت PON-1 اثر داشته باشد. بنابراین کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی مانند PON-1 می‌تواند به ایجاد خطر بالاتر رویدادهای قلبی عروقی در زنان یائسه منجر شود [۱۲].

تحقیقات نشان داده‌اند که فعالیت آنزیم PON-1 در اثر تمرینات در مردان و زنان تغییر می‌کند. در همین راستا، نشان داده شده که یک دوره برنامه تمرین هوازی منظم فعالیت PON در زنان میانسال را بهبود می‌بخشد [۱۳]. همچنین مشاهده شده که سطوح پاراکسوناز پس از دوره سه روزه فوتبال در بازیکنان فوتبال به طور معنی داری نسبت به آزمودنی‌های غیرفعال بالاتر بود [۱۴]. با این وجود، عدم تغییر در سطح پاراکسوناز-۱ سرم پس از تمرینات استقامتی در افراد بزرگسال مبتلا به سندرم متابولیکی نیز گزارش شده است [۱۵]. همچنین در مطالعه‌ای پس از ۶ ماه فعالیت بدنی هوازی با شدت پائین به همراه برنامه رژیم غذایی در زنان چاق بزرگسال، عدم تغییر غلظت سرمی پاراکسوناز-۱ گزارش گردید [۱۶]. از طرفی نشان داده شده است که اثر تمرینات بدنی روی نیمرخ لیپیدی با پلی مورفیسم PON-1 مرتبط است [۱۷]. تاس و همکاران (۲۰۱۲) مقایسه تأثیر روش‌های تمرینات مختلف ورزشی را بر سطوح فعالیت آنزیم PON-1 را بررسی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که این آنزیم به عنوان یک آنتی اکسیدان نقش حمایتی و محافظتی برای اکسیداسیون مارکر لیپیدی LDL دارد و از طرفی با افزایش تغییرات در ترکیبات HDL و LDL همراه بود [۱۸].

احتمال ابتلا به بیماری‌های قلبی - عروقی با وقوع یائسگی در زنان افزایش می‌یابد. اهمیت و ضرورت پیشگیری از بروز این بیماری‌های در جهت حفظ و گسترش سلامتی این قشر از جامعه توجه بسیاری از مطالعات را به روش‌های پیشگیری از بروز ضایعات قلبی - عروقی معطوف داشته است [۴، ۵]. تغییر شیوه زندگی در جهت افزایش سطح فعالیت بدنی در کاهش چاقی و بیماری‌های قلبی - عروقی مفید خواهد بود. ولی از آنجا که شرکت در برنامه‌های تمرینی شدید برای عمده زنان یائسه مقدور نیست، نیاز به طراحی برنامه تمرینی هوازی با شدت متوسط است. با توجه به نتایج متفاوت تحقیقات ذکر شده در زمینه مقایسه اثر تمرینات، انجام پژوهش حاضر در جهت بررسی تأثیر فعالیت هوازی بر میزان فعالیت آنزیم PON-1 و آریل استراز بعضی شاخص‌های لیپیدی ضروری است و احتمالاً این پژوهش به تنظیم و کنترل شدت تمرینات به منظور کاهش ناراحتی‌های قلبی-عروقی و ارتباط فعالیت آنزیم PON-1، آریل استراز و شاخص‌های لیپیدی به دنبال ورزش در جامعه به ویژه در زنان یائسه، در کاهش هزینه برای درمان بیماری‌های فراوانی که در اثر بیماری و ناراحتی‌های مرتبط ایجاد می‌شود، کمک می‌نماید. نتایج این تحقیق هم در حیطه ورزش و هم در حوزه پزشکی مورد استفاده و تأثیرگذار خواهد بود. لذا با توجه به پژوهش‌های اندک و ناکافی در حیطه سازگاری آنزیم PON-1 و برخی شاخص‌های لیپیدی در تأثیرپذیری ورزش برای زنان یائسه، تحقیق حاضر سعی دارد به بررسی اثر شانزده هفته فعالیت هوازی بر روی فعالیت آنزیم PON-1 و آریل استراز و نیمرخ لیپیدی در زنان یائسه بپردازد.

روش بررسی

روش انجام تحقیق حاضر نیمه تجربی و از نوع کاربردی است. جامعه تحقیق حاضر را زنان یائسه مراجعه کننده به باشگاه‌های ورزشی شهرستان بابل در سال ۱۳۹۴ تشکیل دادند. دامنه سنی آزمودنی‌های این تحقیق ۴۵ تا ۵۴ سال است. این افراد از مراجعه‌کنندگان داوطلب به باشگاه‌های شهرستان بابل

انتخاب شدند. همگی آنان زنان یائسه غیرورزشکار سالم بودند. برای انتخاب نمونه آماری، پرسش‌نامه بین مراجعه‌کنندگان به باشگاه‌های شهرستان بابل توزیع شد و از آنان درخواست شد که در صورت تمایل داوطلبانه در این تحقیق شرکت کنند. در این دعوت‌نامه توضیحات لازم در رابطه با شیوه اجرای تحقیق و برنامه تمرینی هم ارائه شد، بر این اساس، ۲۲ آزمودنی که واجد شرایط این تحقیق بودند اعلام آمادگی کردند لذا با استفاده از جدول مورگان از ۲۰ آزمودنی دعوت شد تا در جلسه توجیهی شرکت کنند و به طور تصادفی ساده به دو گروه تمرین هوازی (۱۰ نفر) و کنترل (۱۰ نفر) تقسیم شدند.

برای اجرای برنامه تمرین هوازی پس از اندازه‌گیری ویژگی‌های آنتروپومتر، طی دو هفته اول تمرینات، شرکت کنندگان به تدریج با تمرین اصلی آشنا شدند. در این مرحله آزمودنی‌های گروه تجربی تا پایان هفته شانزدهم در یک برنامه تمرین هوازی (سه جلسه در هفته و حداقل ۴۵ دقیقه در هر جلسه) شرکت نمودند. هر جلسه از سه بخش گرم کردن شامل ۱۰ دقیقه راه رفتن، حرکات کششی، دوییدن آرام با شدت ۵۵ تا ۶۵٪ ضربان قلب هدف؛ بخش اصلی شامل ۲۰ دقیقه تمرینات به صورت ایروبیک، استپ پا و موزون با ۶۵ تا ۷۰٪ ضربان قلب هدف هر فرد + ۱۰ دقیقه تمرینات دونفره و تک نفره دست با توپ بسکتبال با همان شدت و سرد کردن شامل ۵ دقیقه راه رفتن و حرکات کششی تا رسیدن به ضربان قلب طبیعی بود.

برای تعیین شدت تمرین، ضربان قلب هدف هر فرد براساس روش کارونن به طریق زیر محاسبه شد:

$$\text{ضربان قلب هدف} = \text{ضربان قلب استراحت} + \text{درصد شدت تمرین} \times (\text{ضربان قلب بیشینه} - \text{ضربان قلب استراحت})$$

شدت تمرین بر اساس نسبتی از ضربان قلب ذخیره‌ای طبق فرمول برای هر آزمودنی به روش کارونن محاسبه و با استفاده از ضربان سنج بیورر (ساخت آلمان) کنترل شد [۱۹، ۲۰]. گروه کنترل در هیچ برنامه فعالیت ورزشی شرکت نکردند و تنها فعالیت‌های بدنی عادی خود را انجام دادند. هم چنین، به تمام

آزمودنی‌ها توصیه شد در طول دوره تمرین از شرکت در هر گونه فعالیت ورزشی دیگر خودداری نمایند.

در ابتدا قد آزمودنی‌ها با استفاده از دستگاه قدسنج سکا^۱ ساخت آلمان اندازه‌گیری شد، قد آزمودنی‌ها بدون کفش، در حالی که پاها بهم چسبیده و باسن، شانه‌ها و پشت سر در تماس با قدسنج بود اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری وزن با لباس سبک، بدون کفش و با ترازوی دیجیتالی سکا ساخت کشور آلمان انجام شد. اندازه‌گیری ضخامت چربی زیر پوستی (اندازه‌گیری سه نقطه‌ای: سه سر بازویی، فوق خاصره و ران) با استفاده از کالیپر انجام شد و سپس درصد چربی با استفاده از فرمول سه نقطه‌ای پولاک و جکسون برای خانم‌ها اندازه‌گیری شد. پس از اندازه‌گیری قد و وزن آزمودنی‌ها شاخص توده بدنی آنها با استفاده از تقسیم وزن (کیلوگرم) بر مجذور قد (متر^۲) محاسبه شد.

به منظور حذف خطای فردی تمام اندازه‌گیری‌ها توسط یک فرد انجام گرفت. همچنین اندازه‌گیری این شاخص‌ها به غیر از قد، پس از ۱۶ هفته از تمرین هوازی تکرار شد. پس از اندازه‌گیری شاخص‌های آنتروپومتریک (تن سنجی)، برخی از عوامل فیزیولوژیکی آزمودنی‌های پژوهش از قبیل ضربان قلب استراحت و بیشینه (به روش کارونن) و نیز اکسیژن مصرفی (توسط آزمون پیاده روی راکپورت) در مراحل مختلف پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفت.

برای ارزیابی متغیرهای بیوشیمیایی عمل خون‌گیری پس از ۱۲ تا ۱۴ ساعت ناشتایی و در دو مرحله قبل و بعد از شانزده هفته (۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین) از سیاهرگ آنتی کویبتال دست چپ آزمودنی‌ها در حالت استراحت و در وضعیت نشسته (۱۰ میلی لیتر خون) گرفته شد. برای جلوگیری از تأثیر ریتم شبانه روزی، عمل خون‌گیری در زمان معینی از روز (ساعت ۸/۵ تا ۹/۵) صبح انجام شد.

فعالیت آنزیم آنتی اکسیدانسی PON-1 با افزودن ۵۰ μl

(۰/۰۵ ml) از سرم یا پلاسمای خون افراد تحت مطالعه به ۲ میلی لیتر از بافر تریس-اسید کلریدریک ۱۰۰ میلی مولار که حاوی کلرید کلسیم ۲ میلی مولار و سوبسترای پاراکسون ۵/۵ میلی مولار اجرا و ارزیابی شد. سپس سرعت تولید محصول پارانیتروفنول (که یک محصول زرد رنگ است) در طول موج ۴۰۵ نانومتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در مقابل بلانک به کمک اتوانالایزر یا اسپکتروفتومتریک بیانگر سطح فعالیت آنزیم PON-1 است. محلول بلانک با افزودن ۵۰ μl از آب مقطر دو بار تقطیر به جای سرم به ترکیب فوق بدست آمد. سپس تغییرات جذب در دقیقه (ΔOD/min) را محاسبه نموده که در ارتباط با ضریب جذب مولی پاراکسون جهت تعیین فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانسی PON-1 استفاده گردید. در نهایت فعالیت آنزیم PON-1 در سرم یا پلاسمای خون افراد تحت مطالعه بر مبنای واحد IU/L گزارش شد.

فعالیت آنزیم آریل استراز با افزودن ۵۰ μl از پلاسمای خون افراد تحت مطالعه به ۲ میلی لیتر از بافر تریس-اسید کلریدریک ۲۰ میلی مولار که حاوی کلرید کلسیم یک میلی مولار و سوبسترای فنیل استات یک میلی مولار است اجرا و ارزیابی شد. سپس سرعت تولید محصول نیتروفنوکسید (یک محصول زرد رنگ) در طول موج ۴۰۵ نانومتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در مقابل بلانک به کمک اتوانالایزر یا اسپکتروفتومتریک بیانگر سطح فعالیت آنزیم آریل استراز بود. تهیه محلول بلانک نیز مثل روش فوق بوده و به جای سرم از آب مقطر استفاده شد. سپس تغییرات جذب در دقیقه (ΔOD/min) را محاسبه نموده که در ارتباط با ضریب جذب مولی فنیل استات، جهت تعیین فعالیت آنزیم آنتی اکسیدانسی آنزیم آریل استراز استفاده گردید. فعالیت آنزیم آریل استراز در سرم یا پلاسمای خون افراد تحت مطالعه بر مبنای واحد IU/L گزارش شد.

به منظور اندازه‌گیری شاخص‌های لیپیدی (تری گلیسرید، کلسترول، LDL، HDL و VLDL) از روش آنزیماتیک (کالریمتری) و از کیت‌های شرکت تکنیکان استفاده شد.

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

متغیر	گروه	
	کنترل	تمرین هوازی
سن (سال)	۴۸/۲۵±۳/۰۱	۴۹/۱۳±۳/۵۶
قد (متر)	۱/۵۹±۰/۰۳	۱/۶۱±۰/۰۴
وزن (کیلوگرم)	۷۹/۶۲±۴/۶۲	۷۸/۲۵±۶/۹۰
BMI (kg/m)	۲۸/۸۸±۴/۶۴	۲۸/۲۵±۷/۵۱
درصد چربی	۳۱/۴۳±۱/۴۱	۳۰/۰±۲/۹۸
VO ₂ max (ml/kg/min)	۳۱/۱۴±۱/۴۷	۲۸/۸۳±۲/۹۴
	۲۳/۶۱±۰/۲۶	۲۴/۱۷±۰/۷۶
	۲۳/۵۴±۰/۴۹	۱۹/۸۱±۰/۹۹
	۲۸/۱۸±۴/۴۷	۳۲/۱۶±۱/۸۷
	۲۹/۵۴±۵/۵۱	۳۶/۴۲±۱/۳۷

برای اطمینان از طبیعی بودن توزیع متغیرها، از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. بعد از اینکه طبیعی بودن توزیع داده‌ها مشخص گردید، برای مقایسه متغیرهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آزمون کوواریانس استفاده شد. همچنین سطح معنی داری در همه موارد $p \leq 0.05$ در نظر گرفته شد. کلیه عملیات آماری با نرم افزارهای SPSS با نسخه ۲۲ به اجرا درآمد.

یافته‌ها

در جدول ۱ میانگین و انحراف معیار مربوط به ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها نشان داده شده است. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد مقادیر سرمی پاراکسوناز پس از ۱۶ هفته تمرین هوازی در گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل تفاوت معنی داری دارد ($p=0.031$). مقادیر آریل استراز پس از ۱۶ هفته تمرین هوازی در گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل تفاوت معنی داری نداشت ($p=0.13$). مقادیر تری گلیسرید، کلسترول، HDL و VLDL پس از ۱۶ هفته تمرین هوازی در گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل تفاوت معنی داری نشان داد (به ترتیب $p=0.030$, $p=0.007$ و $p=0.029$). ولی مقادیر LDL پس از ۱۶ هفته تمرین هوازی در گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل تفاوت معنی داری نداشت ($p=0.222$).

جدول ۲- نتایج آزمون کوواریانس برای تغییر پاراکسوناز، آریل استراز و نیمرخ لیپیدی

متغیر	منابع	مجموعه درجه	میانگین	F	سطح معناداری
	مجدورات آزادی	مجدورات			
پاراکسوناز	پیش‌آزمون	۱۶۳۵/۴۵۲	۱	۱۶۳۵/۴۵۲	۰/۴۵۵
	گروه	۱۶۱۴۳/۹۰۵	۱	۵/۸۴۵	*۰/۰۳۱
	خطا	۳۵۹۰۸/۵۶۵	۱۳	۲۷۶۲/۱۹۷	
	کل	۵۸۱۳۲/۵۵۸	۱۶		
آریل استراز	پیش‌آزمون	۶۸/۰۳۸	۱	۶۸/۰۳۸	۰/۴۱۴
	گروه	۷۸۴/۰۴۴	۱	۸/۲۱۶	۰/۱۳
	خطا	۱۲۴۰/۶۴۲	۱۳	۹۵/۴۳۴	
	کل	۱۴۵۴۳/۴۷۶	۱۶		
کلسترول	پیش‌آزمون	۴۶۲۹/۸۴۶	۱	۴۶۲۹/۸۴۶	*۰/۰۱۷
	گروه	۱۰۵۱۹/۴۶۶	۱	۱۶/۹۹۹	*۰/۰۰۱
	خطا	۸۰۴۴/۷۹۷	۱۳	۶۱۸/۸۳۱	
	کل	۶۹۴۲۳۷/۶۳۴	۱۶		
HDL	پیش‌آزمون	۴۳/۴۷۹	۱	۴۳/۴۷۹	۰/۵۵۲
	گروه	۱۱۹۱/۴۴۰	۱	۱۰/۲۳۸	*۰/۰۰۷
	خطا	۱۵۱۲/۸۰۴	۱۳	۱۱۶/۳۷۰	
	کل	۶۴۲۶۳/۶۱۱	۱۶		
تری گلیسرید	پیش‌آزمون	۱۹۴۱۸/۵۴۲	۱	۱۹۴۱۸/۵۴۲	*۰/۰۰۷
	گروه	۶۰۲۱/۳۴۶	۱	۵/۸۹۲	*۰/۰۳۰
	خطا	۱۳۲۸۵/۰۲۵	۱۳	۱۰۲۱/۹۲۵	
	کل	۴۷۲۰۱۴/۰۲۵	۱۶		
VLDL	پیش‌آزمون	۲۰۳۲/۸۷۶	۱	۲۰۳۲/۸۷۶	*۰/۰۱۸
	گروه	۱۶۹۲/۳۷۰	۱	۶/۰۳۵	*۰/۰۲۹
	خطا	۳۶۴۵/۴۵۶	۱۳	۲۸۰/۴۲۰	
	کل	۲۴۲۲۲۲/۷۴۵	۱۶		
LDL	پیش‌آزمون	۲۴/۱۰۴	۱	۲۴/۱۰۴	۰/۸۷۷
	گروه	۱۵۶۳/۶۰۲	۱	۱/۶۴۵	۰/۲۲۲
	خطا	۱۲۵۹۲/۲۵۳	۱۳	۹۸۶/۶۳۵	
	کل	۳۰۶۴۷۵/۲۰۴	۱۶		

* معنادار در سطح $p \leq 0.05$

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که ۱۶ هفته فعالیت هوازی افزایش معناداری را در سطح پاراکسوناز-۱ در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل به همراه داشت. اما نتایج حاکی از عدم معناداری سطوح آریل استراز بین گروه‌های تجربی و کنترل بود. همراستا با نتایج تحقیق حاضر درباره اثرات ورزش بر غلظت PON-1، نالاکان و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند یک دوره برنامه تمرین منظم فعالیت PON در زنان میانسال را بهبود می‌بخشد [۱۳]. آنها بیان کردند که استرس اکسیداتیو می‌تواند فعالیت PON-1 را مهار کند، در حالی که بهبود در سیستم

قرار گرفتند. بنابراین نوع پاسخ PON-1 با توجه به آزمودنی‌ها و همچنین مدت تمرین متفاوت است که دلایل این نتایج نیاز به تحقیقات بیشتری دارد. از آنجایی که سازوکار روشنی از عملکردهای PON-1 و اثر فعالیت ورزشی به ویژه تمرین استقامتی هنوز به درستی مشخص نیست؛ توضیح نتایج متناقض تحقیقات به درستی امکان پذیر نیست. به نظر می‌رسد تمرین هوازی منظم از طریق بالا بردن روند پراکسیداسیون چربی، موجب کاهش فشار اکسایشی می‌شود [۲۷] و بهبود شرایط فشار اکسایشی، در تغییر فعالیت PON-1 و آریل استراز مؤثر است [۲۸]. در مطالعه ایچر و همکاران (۲۰۱۲) از فعالیت هوازی با شدت پایین استفاده شد در حالی که در تحقیق حاضر آزمودنی‌ها فعالیت هوازی با شدت متوسط را اجرا کردند، بنابراین شدت تمرین می‌تواند یکی از عوامل مؤثر بر سطوح پاراکسوناز باشد. علاوه بر این، در تحقیق ایچر و همکاران (۲۰۱۲) زنان چاق بزرگسال با میانگین سنی ۴۶ سال (دامنه سنی ۲۲ تا ۶۷ سال) داشتند که زنان یائسه و غیر یائسه را شامل می‌شود و نتیجه‌گیری را مشکل می‌کند. همچنین نالکاکان و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که نژاد، سن، جنسیت و روش‌های اندازه‌گیری بر فعالیت PON-1 تأثیر گذارند. در کل می‌توان اظهار داشت که ایجاد تغییر در فعالیت PON-1، احتمالاً به تحریک وابسته به تمرین مزمن و طولانی مدت (حداقل بیش از هشت هفته) نیاز دارد. فعالیت بدنی منظم و طولانی احتمالاً موجب تقویت سیستم‌های بدن در برابر شرایط فشار اکسایشی شده و افزایش فعالیت PON-1 به عنوان یک سازوکار احتمالی، که دارای اثر حمایت‌کنندگی در برابر آترواسکلروز است، به وقوع می‌پیوندد.

همچنین نتایج تحقیق حاضر نشان داد ۱۶ هفته فعالیت هوازی افزایش معناداری را در سطح HDL در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل به همراه داشت. تغییر معناداری در LDL در مرحله پس‌آزمون نسبت به مرحله پیش‌آزمون و همچنین در بین گروه‌ها مشاهده نشد. با این وجود، کاهش معناداری در سطح کلسترول، تری‌گلیسرید و VLDL در گروه

آنتی‌اکسیدانی به دنبال ورزش هوازی منظم می‌تواند فعالیت PON-1 را بهبود بخشد. همچنین فعالیت بیشتر PON-1 می‌تواند افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در گروه تمرین کرده را نشان دهد [۲۴-۲۱].

با این وجود، نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های برخی از تحقیقات انجام شده در این زمینه در تضاد است. به طوری که ریشر و همکاران (۲۰۰۵) پس از ۱۲ هفته تمرین استقامتی در افراد بزرگسال مبتلا به سندرم متابولیکی، عدم تغییر در سطح PON-1 سرم را گزارش کردند [۱۵]. همچنین در مطالعه ایچر و همکاران (۲۰۱۲) پس از ۶ ماه فعالیت بدنی هوازی با شدت پایین به همراه برنامه رژیم غذایی در زنان چاق بزرگسال، عدم تغییر غلظت سرمی این آنزیم گزارش گردید [۱۶]. در مطالعه روبرتز و همکاران (۲۰۰۶) نیز عدم تغییر معنادار سطح PON-1 در ۲۲ مرد چاق بزرگسال بعد از ۲۱ روز تغییر در رژیم غذایی و تمرین هوازی بر روی ترمیم با شدت ۷۰-۸۵٪ حداکثر ضربان قلب، گزارش گردید [۲۵]. نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های تاس و همکاران (۲۰۱۲)، رومانی و همکاران (۲۰۰۹)، ریشر و همکاران (۲۰۰۵) و ایچر و همکاران (۲۰۱۲) ناهمخوان است [۱۵، ۱۶، ۱۸، ۲۶]. تاس و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی نشان دادند سطوح PON پس از ۸ هفته دوی اینتروال کاهش غیر معناداری داشت [۱۸]. همچنین رومانی و همکاران نیز گزارش کردند که سطوح PON-1 متعاقب تمرین هوازی بر روی ترمیم با شدت ۶۵٪ حداکثر اکسیژن مصرفی تغییر معنی داری نشان نداد [۲۶].

دلایل عدم تغییرات معنادار در تحقیقات فوق نسبت به تحقیق حاضر می‌تواند به نوع آزمودنی‌ها و همچنین نوع تمرین مربوط باشد. به طوری که آزمودنی‌های تحقیق حاضر را زنان یائسه تشکیل دادند. علاوه بر این، در تحقیقات فوق از دوره‌های تمرینی با مدت کوتاه استفاده شده بود. به طوری که در تحقیق ریشر و همکاران (۲۰۰۵) افراد بزرگسال مبتلا به سندرم متابولیکی و در مطالعه روبرتز و همکاران (۲۰۰۶) نیز مردان چاق بزرگسال بعد از ۲۱ روز تمرین هوازی مورد بررسی

تجربی در مقایسه با گروه کنترل مشاهده شد. یکی از عملکردهای فیزیولوژیک طبیعی PON-1 سوخت و ساز LDL و HDL است. PON-1 از تشکیل LDL اکسید شده جلوگیری می‌کند و فسفولیپیدهای مشتق از LDL اکسید شده را غیرفعال می‌کند. این اعمال نقش‌های آن در بیماری‌های قلبی عروقی را توجیه می‌کند [۲۹]. شرایطی مانند دیابت، بیماری‌های تیروئیدی، سندرم متابولیکی و افزایش سن باعث کاهش فعالیت این آنزیم می‌شود. در بیماران دیابتی نشان داده شده که پاراکسوناز به عنوان یک آنزیم ضد دیابتیک عمل می‌کند و اثر خود را از طریق اثر ضد اکسیدانی و تحریک انسولین از طریق سلول‌های بتا اعمال می‌کند [۲۹]. فعالیت پاراکسوناز می‌تواند تحت تأثیر عوامل تغذیه‌ای و شیوه زندگی قرار گیرد. پاراکسوناز سرمی آنزیمی است مستقر بر HDL-C که قادر است از تغییرات اکسیداسیون لیپیدها ممانعت کند. مکنس و همکاران نشان دادند که آنزیم پاراکسوناز قادر است تجمع پراکسیدهای لیپید در LDL-C را تحت شرایط اکسیدکننده به تأخیر بیاورد [۳۰]. سالوسن و همکاران (۲۰۰۹) نیز مشاهده کردند که فسفولیپیدهای اکسیده در LDL-C کم اکسید شده واکنش‌های التهابی ناشی از عملکرد متقابل منوسیت اندوتلیال را تشدید می‌نماید. این عملکرد به وسیله HDL-C مهار می‌گردد. آنها نشان دادند که آنزیم پاراکسوناز موجود بر روی HDL-C به طور قابل توجهی ظرفیت HDL-C را جهت محافظت از اکسیداسیون LDL-C بالا می‌برد و از ایجاد واکنش التهابی در جدار دیواره عروق به وسیله تخریب فسفولیپیدهای اکسیده‌ای که از نظر بیولوژی فعال هستند، ممانعت می‌کند [۳۱]. همچنین موش‌هایی که در آنها آنزیم پاراکسوناز بر روی HDL-C تخریب شده بود، قادر به

محافظت از LDL-C در مقابل اکسیداسیون نبودند و در آنها هر دو لیپوپروتئین HDL-C و LDL-C مستعدتر به اکسیداسیون بودند. در تحقیق حاضر تمرینات هوازی با افزایش معنادار تراکم HDL-C و کاهش کلسترول، تری‌گلیسرید و VLDL همراه بود. در سایر پژوهش‌ها افزایش معنادار HDL-C همراه کاهش غیرمعنادار LDL-C، VLDL-C و تری‌گلیسرید پس از هشت هفته تمرین هوازی در مردان ۲۰ تا ۳۰ ساله گزارش شده است [۳۲]. موضوع افزایش معنادار تراکم HDL-C بر اثر تمرینات هوازی از آنجا مهم تلقی می‌شود که افزایش تراکم HDL-C موجب تقویت عمل PON-1 می‌گردد [۳۳]. به خوبی اثبات گردیده که فعالیت بدنی نوعاً تراکم HDL-C را افزایش می‌دهد [۳۴]. از این رو انتظار می‌رود اثر فعالیت بدنی بر فعالیت PON-1 احتمالاً از افزایش تراکم HDL-C در افراد ناشی شود [۳۵]. با این وجود باید توجه داشت که نقش HDL-C در مهار اکسایش LDL-C می‌تواند به طور مستقل و یا وابسته به فعالیت ضد اکسایشی PON-1 صورت گیرد [۳۶].

به طور خلاصه با توجه به نتایج تحقیق حاضر، به نظر می‌رسد فعالیت بدنی منظم و طولانی مدت احتمالاً با بهبود سیستم آنتی اکسیدانی بدن موجب افزایش فعالیت PON-1 در زنان یائسه می‌شود. فعالیت بدنی منظم و طولانی مدت موجب افزایش معنادار تراکم HDL-C می‌شود و افزایش تراکم HDL-C موجب بهبود فعالیت PON-1 می‌گردد. از این رو این احتمال وجود دارد که اثر فعالیت بدنی بر فعالیت PON-1 احتمالاً از افزایش تراکم HDL-C در زنان یائسه ناشی می‌شود.

References

- Ebrahimi M, Taghizadeh M. Effect of soya protein supplementation on menopausal symptoms. *Hakim research journal*. 2009; 11(4):16-20. [Persian]
- Salari S, Baghaei R, Farhadnia P. Investigation of menopause age prevalence and effective factor in women of urban regions of Azarbaijan gharbi province in 1997. *Urmia University of Medical Sciences*. 1998. [Persian]
- Esmaili S. Knowledge, attitude and practice of menopause women regarding to menopause, Kermanshah, 2001. [Master's thesis]. Tehran: Shahid Beheshtin University of Medical Sciences; 2001. [Persian]
- Lambrinoudaki I, Christodoulakos G, Rizos D, Economou E, Argeitis J, Vlachou S, et al. Endogenous sex hormones and risk factors for atherosclerosis in healthy Greek postmenopausal women. *European journal of endocrinology*. 2006; 154(6):907-916.
- Lambrinoudaki I, Kaparos G, Papadimitriou D, Sergentanis TN, Creatsa M, Alexandrou A, et al. Methylenetetrahydrofolate reductase C677T polymorphism is associated with central adiposity and increased androgenicity in healthy postmenopausal women. *European journal of endocrinology*. 2008; 159(3):233-241.
- Grdic Rajkovic M, Rumora L, Barisic K. The paraoxonase 1, 2 and 3 in humans. *Biochemia medica*. 2011; 21(2):122-130.
- Dabidi Roushan V, Choubineh S, Faramarzi M. The effect of taurine on the lipid peroxidation following exhaustive endurance in Wistar rats. *Olympic*. 2007; 14(4):99-109. [Persian]
- Aissaoui A, Zizi S, Israïli ZH, Lyoussi B. Hypoglycemic and hypolipidemic effects of *Coriandrum sativum* L. in *Meriones shawi* rats. *Journal of ethnopharmacology*. 2011; 137(1):652-661.
- Shih DM, Gu L, Xia YR, Navab M, Li WF, Hama S, et al. Mice lacking serum paraoxonase are susceptible to organophosphate toxicity and atherosclerosis. *Nature*. 1998; 394(6690):284-287.
- Li H-L, Liu D-P, Liang C-C. Paraoxonase gene polymorphisms, oxidative stress, and diseases. *Journal of molecular medicine*. 2003; 81(12):766-779.
- Senti, Mariano, Tomás M, Anglada R, Elosua R, Marrugat J, et al. Interrelationship of smoking, paraoxonase activity, and leisure time physical activity: a population-based study. *European journal of internal medicine*. 2003; 14(3):178-184.
- Zago V, Sanguinetti S, Brites F, Berg G, Verona J, Basilio F, et al. Impaired high density lipoprotein antioxidant activity in healthy postmenopausal women. *Atherosclerosis*. 2004; 177(1):203-210.
- Nalcakan GR, Varol SR, Turgay F, Nalcakan M, Ozkol MZ, Karamizrak SO. Effects of aerobic training on serum paraoxonase activity and its relationship with PON1-192 phenotypes in women. *Journal of sport and health science*. 2016; 5(4):462-468.
- Atli M. Serum paraoxonase activity and lipid hydroperoxide levels in adult football players after three days football tournament. *African health sciences*. 2013; 13(3):565-570.
- 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. *Thrombosis and haemostasis*. 2005; 94(6):1306-1311.
- 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(10):2057-2062.
- Sentí M, Aubó C, Elosua R, Sala J, Tomás M, Marrugat J. Effect of physical activity on lipid levels in a population-based sample of men with and without the Arg192 variant of the human paraoxonase gene. *Genetic epidemiology*. 2000; 18(3):276-286.
- TAŞ M, Zorba E, Yaman M. Comparison of the effects of different training methods on arylesterase activity and paraoxonase activity levels in hot environment. *The online journal of recreation and sport*. 2012; 1(1):1-8.
- Martin LJ, Woo JG, Daniels SR, Goodman E, Dolan LM. The relationships of adiponectin with insulin and lipids are strengthened with increasing adiposity. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*. 2005; 90(7):4255-4259.
- Nelson ME, Rejeski WJ, Blair SN, Duncan PW, Judge JO, King AC, et al. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Medicine and science in sports and exercise*. 2007; 39(8):1435-1445.
- Goldhammer E, Ben-Sira D, Zaid G, Biniamini Y, Maor I, Lanir A, et al. Paraoxonase activity following exercise-based cardiac rehabilitation program. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*. 2007; 27(3):151-154.
- Arsalan C, Gulcu F, Gursu MF. Effects of oxidative stress caused by acute and chronic exercise on levels of serum metabolites, paraoxonase and arylesterase activities. In: 28th Meeting of the Federation of European Biochemical Societies. 20-25 October. Istanbul, Turkey 2002.
- Costa LG, Vitalone A, Cole TB, Furlong CE. Modulation of paraoxonase (PON1) activity. *Biochemical pharmacology*. 2005; 69(4):541-550.
- Baghaiee B, Siahkuhian M, Hakimi M, Bolboli L, Ahmadi Dehrashid K. The effect paraoxonase-1, hydrogen peroxide and adiponectin changes on systolic and diastolic blood pressure of men's with high blood pressure following to 12 week moderate aerobic exercise. *The Journal of Shahrekord University of Medical Sciences*. 2016; 18(1):81-92. [Persian]
- 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. *Journal of applied physiology*. 2006; 101(6):1727-1732.

26. Romani R, De Medio GE, di Tullio S, Lapalombella R, Pirisinu I, Margonato V, et al. Modulation of paraoxonase 1 and 3 expression after moderate exercise training in the rat. *Journal of lipid research*. 2009; 50(10):2036-2045.
27. Aviram M, Dornfeld L, Rosenblat M, Volkova N, Kaplan M, Coleman R, et al. Pomegranate juice consumption reduces oxidative stress, atherogenic modifications to LDL, and platelet aggregation: studies in humans and in atherosclerotic apolipoprotein E-deficient mice. *The American journal of clinical nutrition*. 2000; 71(5):1062-1076.
28. Azizi F, Raiszadeh F, Solati M, Etemadi A, Rahmani M, Arabi M. Serum paraoxonase 1 activity is decreased in thyroid dysfunction. *Journal of endocrinological investigation*. 2003; 26(8):703-709.
29. Précourt L-P, Amre D, Denis M-C, Lavoie J-C, Delvin E, Seidman E, et al. The three-gene paraoxonase family: physiologic roles, actions and regulation. *Atherosclerosis*. 2011; 214(1):20-36.
30. Saeed S, Tariq P. Antimicrobial activities of *Emblca officinalis* and *Coriandrum sativum* against gram positive bacteria and *Candida albicans*. *Pakistan journal of botany*. 2007; 39(3):913-917.
31. Salvesen GJ. The effects of inhaled bergamot and geranium essential oils on rat behaviour. [Master's thesis]. Hamilton, New Zealand: The University of Waikato; 2009.
32. Adams AK, Best TM. The role of antioxidants in exercise and disease prevention. *The physician and sportsmedicine*. 2002; 30(5):37-44.
33. La Du BN, Eckerson HW. The polymorphic paraoxonase/arylesterase isozymes of human serum. *Federation proceedings*. 1984; 43(8):2338-2341.
34. Bełtowski J, Wójcicka G, Mydlarczyk M, Jamroz A. Cerivastatin modulates plasma paraoxonase/arylesterase activity and oxidant-antioxidant balance in the rat. *Polish journal of pharmacology*. 2002; 54(2):143-150.
35. 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. *Journal of lipid research*. 2002; 43(5):713-720.
36. Milochevitch C, Khalil A. Study of the paraoxonase and platelet-activating factor acetylhydrolase activities with aging. Prostaglandins, leukotrienes and essential fatty acids. 2001; 65(5-6):241-246.

The effect of 16 weeks of aerobic training on activity of serum paraoxonase, arylesterase, and lipid profile in postmenopausal women

Ghasemi R¹, *Abbassi Dalooi A²

Abstract

Background: Reduction of antioxidant enzymes can be related to the increased possibility of cardiovascular problems. The aim of this study was to investigate the effect of 16 weeks of aerobic training on paraoxonase-1 (PON1) activity, Arylesterase (ARE) and lipid profile in postmenopausal women.

Materials and methods: In this semi-experimental study, 20 postmenopausal women aged 45 to 51 were randomly divided into control and aerobic training groups. Aerobic training program was performed with intensity of 65-70% of target heart rate for 45 minutes, three days a week for 16 weeks. Before and after 16 weeks of aerobic training, blood samples were collected after 12 to 14 hours of fasting. Data were analyzed using paired t-test and independent t-test to determine within- group and between-group differences at $\alpha < 0.05$, respectively.

Results: The results showed that 16 weeks of aerobic training led to significant increase in levels of PON1 ($p=0.032$) and HDL ($p=0.001$) activity and significant decrease in cholesterol ($p=0.032$) and VLDL ($p=0.020$). ARE levels after 16 weeks of aerobic training increased, but this increase was not significant ($p=0.081$). Also, 16-week aerobic training had no significant effect on LDL, and TG levels ($p > 0.05$).

Conclusion: According to the results of this study, it seems likely that regular and prolonged physical activities improves the antioxidant system of postmenopausal women via increasing PON1 and ARE activities. Also, it is likely that the effect of physical activity on PON1 activity be a result of increase in the density in HDL-c.

Keywords: Aerobic Exercise, Paraoxonase-1, ARE enzyme, Lipids, Post-Menopause

1. MSc, Department of Exercise Physiology, Ayat Allah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran

2. Department of Exercise Physiology, Ayat Allah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran (*Corresponding Author) abbasi.dalooi@gmail.com