پژوهنده (مجله پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی)
سال هجدهم، شماره ۱، پی در پی ۹۱، صفحات ۱۶ تا ۲۲
فروردین و اردیبهشت ۱۳۹۲

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۴/۱۷
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۳/۷

تأثیر دوره‌های زمانی مختلف تمرین استقامتی بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سرم موش صحرایی

مریم ابراهیمی*[۱]، دکتر فریبرز هوانلو[۲]، دکتر مهدی هدایتی[۳]

۱. دانشجوی دکتری بیوشیمی و متابولیسم ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه مازندران
۲. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید بهشتی
۳. دانشیار بیوشیمی، ریاست مرکز تحقیقات سلولی مولکولی پژوهشکده علوم غدد درون ریز و متابولیسم، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

چکیده

سابقه و هدف: با توجه به اهمیت سیستم آنتی‌اکسیدانی و اثر آن بر واکنشهای زنجیره‌ای رادیکال‌های آزاد، هدف از انجام این تحقیق، تعیین تأثیر دوره‌های مختلف زمانی تمرین استقامتی بر میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT) و گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) سرم موشهای نر ویستار بود. بیشتر تحقیقات پیشین، اثر تمرینات سرعتی و شدید کوتاه مدت را بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مد نظر قرار داده‌اند، در حالی که بررسی اثر سازگاری با تمرینات استقامتی با شدت متوسط، احتیاج به تحقیقات بیشتری دارد.

مواد و روشها: در این تحقیق تجربی ۶۲ سر موش نر ویستار به طور تصادفی در سه گروه تجربی و سه گروه کنترل قرار داده شدند. گروههای تجربی به ترتیب ۶، ۹ و ۱۲ هفته، و مدت ۵ روز در هفته، بر روی تردمیل به تمرین پرداختند که از سرعت ۱۰ متر در دقیقه و مدت ۱۰ دقیقه تمرین در هر روز، به سرعت ۲۵ متر در دقیقه و مدت ۶۰ دقیقه در روز رسیدند. گروههای کنترل نیز سه روز در هفته با سرعت ۱۰ متر در دقیقه و مدت ۱۰ دقیقه روی تردمیل راه می‌رفتند. پس از تمرینات، موشها بیهوش شدند و نمونه‌های سرم از قلب آزمودنیها جمع‌آوری گردید. سپس میزان فعالیت آنزیم‌های SOD، CAT و GPX در سرم به روش رنگ‌سنجی آنزیمی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. از آزمون t مستقل برای تحلیل فرضیات استفاده گردید (α=۰/۰۵).

یافته‌ها: داده‌های این تحقیق نشان داد که ۶، ۹ و ۱۲ هفته تمرین استقامتی، تأثیری بر میزان آنزیم SOD و GPX سرم موشها نداشت، اما ۹ هفته تمرین استقامتی میزان فعالیت آنزیم‌کاتالاز را به طور معنی‌داری افزایش داد (فعالیت آنزیم کاتالاز در گروه تجربی (U/mL) ۲۴/۰۹±۲/۴۳ و در گروه کنترل (U/mL) ۱۸/۷۶±۳/۸۱ مشاهده شد (P≤ ۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: احتمال دارد که افزایش معنی‌دار میزان فعالیت آنزیم کاتالاز پس از ۹ هفته تمرین استقامتی با شدت ۶۵٪ $VO2_{max}$ به دنبال افزایش تولید H_2O_2 در این مدت رخ داده باشد. از طرف دیگر، با ادامه تمرین به مدت ۱۲ هفته، فعالیت این آنزیم مجدداً به میزان سطوح اولیه خود بازگشت. از این رو می‌توان گفت که شاید افزایش مدت تمرین با شدت مذکور باعث بروز سازگاری در سیستم آنتی‌اکسیدانی شده و یا میزانهای طبیعی آنزیم‌های SOD و GPX کفایت لازم برای خنثی کردن واکنشهای اکسیداسیون را داشته‌اند.

واژگان کلیدی: تمرین استقامتی، سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز، گلوتاتیون پراکسیداز، نمونه سرم، موش صحرایی

لطفاً به این مقاله به صورت زیر استناد نمایید:
Ebrahimi M, Hovanloo F, Hedayati M. Effects of various time courses of endurance training on antioxidant enzymes activity in rat Serum. Pejouhandeh 2013;18(1):16-22.

مقدمه

افزایش مصرف اکسیژن در طی ورزش می‌تواند منجر به این نتیجه‌گیری شود که اجرای فعالیت ورزشی می‌تواند خطرناک باشد، زیرا در جریان آن رادیکال‌های آزاد تولید شده باعث بروز آسیب اکسایشی می‌شوند. هنگام اجرای فعالیتهای هوازی، میزان مصرف اکسیژن، حدوداً به ۱۰ برابر حالت عادی می‌رسد، که این امر می‌تواند باعث پراکندگی مولکول‌ها و گونه‌های مختلف اکسیژن در بدن شود. گونه‌های اکسیژن فعال مانند رادیکال‌های آزاد به مولکول‌های مشتق از اکسیژن

*نویسنده مسؤول مکاتبات: مریم ابراهیمی؛ مازندران، بابلسر، خ شهید بهشتی، بلوار شهید ذوالفقاری، پردیس دانشگاه مازندران، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه بیوشیمی و متابولیسم ورزشی؛ پست الکترونیک: m.ebrahimi@stu.umz.ac.ir

معمولی گفته می‌شود که فعال بوده و یا به آسانی به گونه‌های فعال تبدیل خواهند شد. این گونه‌ها از مسیرهایی چون چرخه انتقال الکترون، گزانتین اکسیداز، بیماریها و یا ... ایجاد می‌شوند و با ایجاد اختلال در موازنه اکسیدان‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها، اثرات مخربی را در سلول‌ها به وجود می‌آورند. شارژ منفی این گونه‌های اکسیژن فعال، آنها را در واکنش با خیلی از مولکول‌ها، بی‌نهایت فعال می‌سازد. تولید گونه‌های اکسیژن فعال، سبب بروز استرس اکسایشی شده و این در حالی است که آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT) و گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) به عنوان عاملی مداخله‌گر، برای جلوگیری از بروز واکنش‌های زنجیره‌ای رادیکال‌های آزاد، وارد عمل شده و در تعدیل فشار اکسایشی شرکت می‌کنند. اگرچه فعالیتهای ورزشی از یک سو با افزایش فشار اکسایشی، احتمال تشکیل رادیکال‌های آزاد مضر را افزایش می‌دهند، اما از سوی دیگر با القای آنزیم‌های ضد اکسایشی، سبب کاهش رادیکال‌های آزاد نیز می‌شوند (۱). برخی پژوهشها این گونه نشان داده‌اند که تمرینات کوتاه مدت شدید ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام (TAC) را کاهش می‌دهند (۲). محققان مشاهده کرده‌اند که تمرینات شدید، فشار اکسایشی را در هر دو جنس افزایش می‌دهد (۳) و متناسب با شدت تمرین تولید گونه‌های اکسیژن فعال و به دنبال آن فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نیز افزایش پیدا می‌کند (۴). این مسأله که در چه زمانی این تغییرات شروع می‌شوند، هنوز به طور کامل روشن نیست. در این رابطه پینو در مطالعه‌ای ۱۲ هفته‌ای روی موشهای ویستار، نوعی سازگاری با تمرین را در مقابل فعالیت اکسایشی مشاهده کرد (۵). در حالی که در تحقیق دیگری که در آن ورزشکاران تحت تمرینهای منظم قرار داشتند، تفاوت معنی‌داری در میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی پلاسما در مقایسه با گروه کنترل گزارش نشد (۲). وینسنت نیز در تحقیقی بر روی موشهای اسپراگ، اثر ۵ روز دویدن با ۶۵٪ حداکثر اکسیژن مصرفی را بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بررسی و مشاهده کرد که این نوع تمرین، فعالیت CAT و SOD را به ترتیب ۲۴٪ و ۲۰٪ افزایش می‌دهد (۶). مینیی و همکاران در سال ۲۰۰۷ مشاهده کردند که با این که تمرینات هوازی نیاز به مصرف اکسیژن بیشتری نسبت به تمرینات بی‌هوازی ایجاد می‌کند، اما تولید گونه‌های رادیکال آزاد در این نوع تمرینات به نسبت کمتر است (۷).

مجموعه بررسیها نشان داده‌اند که یک جلسه تمرین، بسته به شدت و مدت آن می‌تواند باعث آسیب اکسایشی با شدتهای متفاوت شود. اما تمرینات منظم باعث ایجاد نوعی سازگاری در سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی و ترمیم می‌شود که این امر باعث افزایش مقاومت نسبت به استرس اکسایشی می‌شود (۹-۷). بنابراین، این گونه به نظر می‌رسد که شدت، مدت و نوع تمرین، آثار متفاوتی بر بروز آسیبهای اکسایشی و نیز فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی به همراه داشته باشد. از این رو، ضرورت اجرای تحقیقات بیشتری در این زمینه احساس می‌شود. بر این اساس، هدف از تحقیق حاضر، تعیین تغییراتی است که در دوره‌های مختلف زمانی تمرین استقامتی، در میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نمونه سرم موشهای نر صحرایی به وجود می‌آید.

مواد و روشها

مطالعه حاضر از نوع تجربی است. نمونه‌های تحت بررسی را موشهای نر صحرایی نژاد ویستار (خریداری شده از انستیتو پاستور ایران) تشکیل می‌دادند. از مجموع آنها تعداد ۶۲ سر موش ۵ هفته‌ای، با وزن ۲۰±۱۲۰ گرم انتخاب و به مدت ۴ هفته در آزمایشگاه حیوانات دانشگاه تربیت مدرس و در شرایط کنترل شده نور (۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی)، دما (۱/۴±۲۲ سانتی‌گراد) و رطوبت (حدود ۴±۵۵/۶٪) نگهداری شدند. در ضمن، موشها در طول تحقیق دسترسی آزاد به آب و غذای استاندارد داشتند.

پس از ۴ هفته آشنایی با فضای آزمایشگاه، موشها به طور تصادفی ابتدا به ۳ گروه اصلی و سپس هر گروه به دو زیرگروه کنترل (n_3=۱۱، n_2=۱۰ و n_1=۱۰) و تجربی (n_3=۱۱، n_2=۱۰ و n_1=۱۰) تقسیم شدند. آزمودنیهای تجربی گروههای ۱ تا ۳ به ترتیب به مدت ۶، ۹ و ۱۲ هفته، هر هفته ۵ روز متوالی و هر روز یک جلسه (۶۰ دقیقه) با شدت ۲۵ متر در دقیقه، که تقریباً معادل با ۶۵٪ حداکثر اکسیژن مصرفی (VO2max) است، به تمرین پرداختند (۱۰). لازم به ذکر است که شدتهای مختلف تمرین بر اساس تحقیقات پاورز (۱۰) و وینسنت (۶) به شرح زیر است:

Low intensity exercise: 15-20 m/min ≈ 55% VO2 Max
Moderate intensity exercise: 25 m/min≈ 65% VO2 Max
High intensity exercise: 30-35 m/min ≈ 85% VO2 Max

آزمودنیهای گروههای کنترل ۱ تا ۳ نیز به ترتیب به مدت ۶، ۹ و ۱۲ هفته، ۱۰ دقیقه در روز و هفته‌ای ۳ جلسه، بر روی تردمیل با سرعت ۱۰ متر در دقیقه راه رفتند.

مرحله اول: آشنایی یا خوگیری با شرایط آزمایشگاه، تردمیل و دستکاری (هفته اول): در همین راستا موشها یک هفته، هر روز به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه با سرعت۱۰ متر در دقیقه بر روی تردمیل راه رفتند.

مرحله دوم: مرحله اضافه‌بار (هفته دوم و سوم): در این مرحله ابتدا موشها با شدت ۱۵ متر در دقیقه و به مدت ۱۵ دقیقه در روز روی تردمیل دویدند. به تدریج و در مدت ۲ هفته شدت فعالیت به ۲۵ متر در دقیقه و زمان فعالیت به ۶۰ دقیقه در روز افزایش یافت. ضمناً از مجموع زمان فعالیت،۲۰ دقیقه جهت گرم کردن و سرد کردن (هر کدام ۱۰ دقیقه) اختصاص یافت که موشها با سرعت ۱۰ m/min روی تردمیل راه می‌رفتند.

مرحله سوم: مرحله حفظ یا تثبیت (هفته چهارم تا دوازدهم): که طی آن موشها با شدت ۲۵ متر در دقیقه و به مدت ۶۰ دقیقه در روز بر روی تردمیل دویدند.

موشهای گروههای تجربی و کنترل پس از اتمام دوره‌های ۶، ۹ و ۱۲ هفته‌ای تمرین، ۴۸ ساعت پس از قطع تمرین و پس از ۴ ساعت ناشتایی، به وسیله تزریق داخل صفاقی مخلوط کتامین و زایلازین بیهوش شدند و نمونه‌های خون مستقیماً از قلب موشها جمع‌آوری شد. نمونه‌های سرم پس از سانتریفیوژ با ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس فعالیت آنزیم‌های مذکور در سرم، با استفاده از کیت‌های کمپانی کایمن آمریکا (Cayman chemical company, MI, USA) و به روش رنگ‌سنجی آنزیمی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

برای توصیف آماری داده‌ها، از شاخصهای مرکزی و پراکندگی استفاده شد. برای بررسی وضعیت توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف – اسمیرنف، و برای مقایسه واریانس‌های بین گروهها، از آزمون لوین استفاده شد. به منظور بررسی آزمون فرضیه‌های تحقیق، از آزمون t مستقل استفاده شد ($p\leq ۰/۰۵$).

یافته‌ها

وزن موشها در ابتدای تحقیق ۲۰±۱۲۰ گرم بود که در مدت ۴ هفته نگهداری در آزمایشگاه و ضمن آشنایی با محیط برای شروع برنامه تمرینی به وزن مطلوب (۲۰±۲۰۰ گرم) رسیدند (جدول ۱).

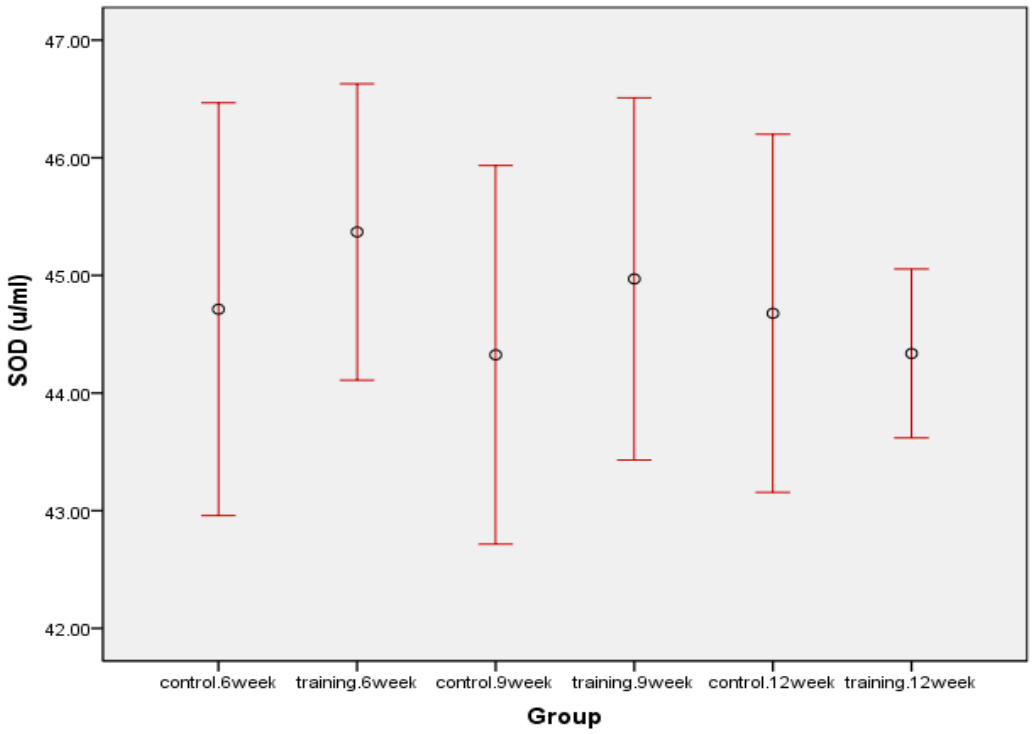
یافته‌های این بررسی نشان داد که ۶، ۹ و ۱۲ هفته تمرین استقامتی تأثیری بر فعالیت آنزیم‌های SOD و GPX در نمونه سرم آزمودنیها نداشت. در ۶ و ۱۲ هفته تمرین نیز بین میزان فعالیت آنزیم CAT در دو گروه تجربی و کنترل تفاوت معنی‌داری دیده نشد، اما ۹ هفته تمرین میزان این آنزیم را در گروه تجربی به طور معنی‌داری افزایش داد (۲۴/۰۹±۲/۴۳ در گروه تجربی نسبت به (U/mL) ۱۸/۷۶±۳/۸۱ در گروه کنترل، ($P\leq ۰/۰۵$))؛ (جدول ۲ و نمودارهای ۱ تا ۳).

جدول ۱. تغییرات وزن آزمودنیها

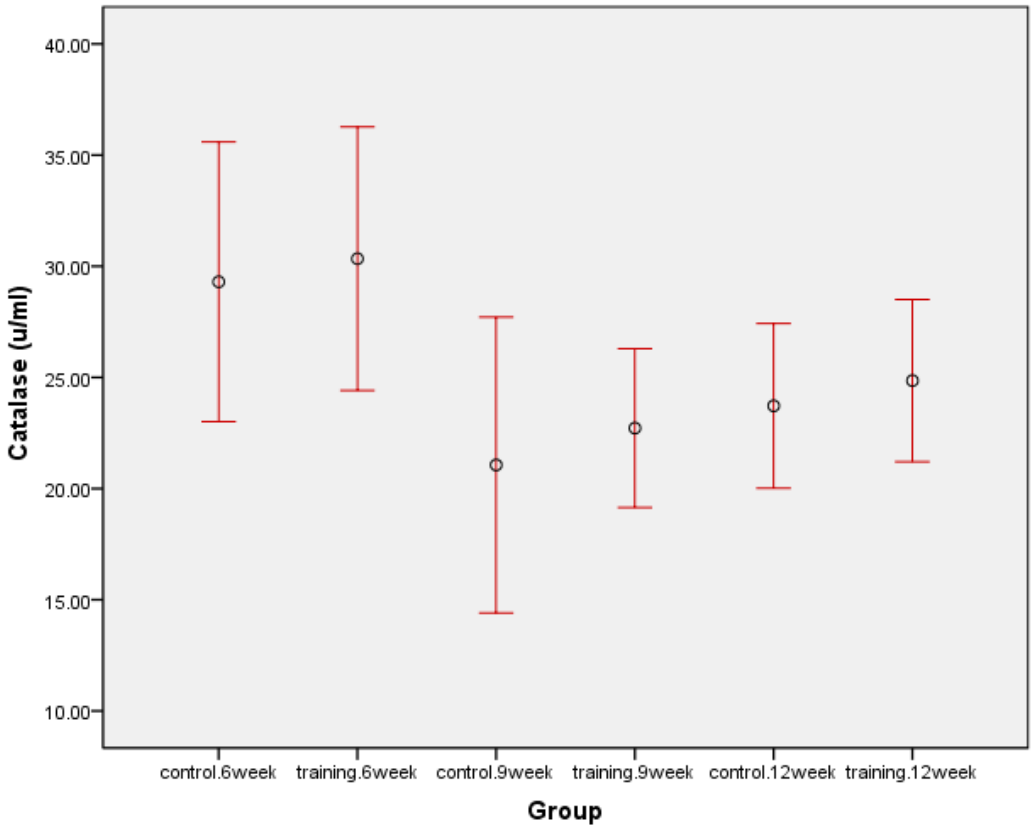
گروهها		وزن اول دوره (گرم) X±SD	وزن آخر دوره (گرم) X±SD
گروه ۱ (۶ هفته)	کنترل	۱۸۷/۰±۱۷/۲۶	۲۵۵/۲±۲۰/۸
	تجربی	۲۰۱/۵±۱۱/۳۷	۲۴۷/۱±۱/۰
گروه ۲ (۹ هفته)	کنترل	۱۹۰/۶۲±۱۲/۸۵	۲۸۴/۰±۲۱/۹۷
	تجربی	۲۰۴/۶±۱۵/۲	۲۹۸/۵±۲۲/۶
گروه ۳ (۱۲ هفته)	کنترل	۱۹۲/۰±۱۸/۵	۳۱۴/۸±۴۱/۶
	تجربی	۲۰۸/۲±۱۵/۴	۳۰۲/۲±۳۲/۹

جدول ۲. مقایسه فعالیت آنزیم‌های CAT،SOD وGPX سرم بین گروههای تجربی و کنترل

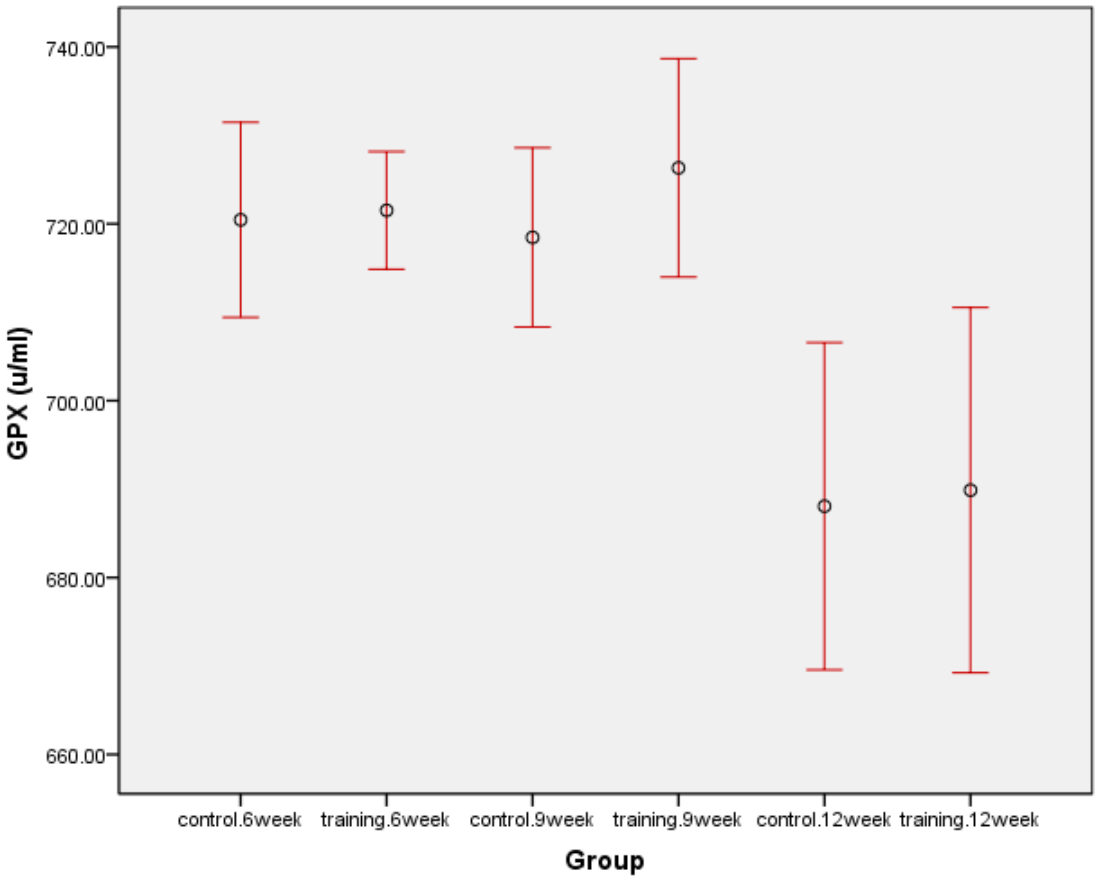
گروهها		GPX (U/ml) X±SD	CAT(U/ml) X±SD	SOD (U/ml) X±SD
گروه ۱ (۶ هفته)	کنترل	۷۲۰/۴۵±۱۳/۱۸	۲۹/۳۰±۷/۵۳	۴۴/۷۱±۲/۱۰
	تجربی	۷۲۱/۵۲±۹/۳۰	۳۰/۳۴±۸/۲۸	۴۵/۳۷±۱/۷۶
گروه ۲ (۹ هفته)	کنترل	۷۲۲/۰۴±۶/۰۵	۱۸/۷۶±۳/۸۱	۴۴/۳۲±۱/۹۲
	تجربی	۷۲۴/۷۰±۶/۸۰	*۲۴/۰۹±۲/۴۳	۴۴/۹۷±۲/۱۵
گروه ۳ (۱۲ هفته)	کنترل	۶۹۳/۰۸±۱۷/۲۰	۲۳/۲۷±۴/۸۲	۴۴/۲۰±۰/۴۹
	تجربی	۶۸۹/۸۸±۳۰/۴۷	۲۴/۸۵±۵/۴۳	۴۴/۳۴±۱/۰۷



نمودار ۱. میانگین و انحراف معیار فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز سرم موشها به تفکیک گروهها



نمودار۲. میانگین و انحراف معیار فعالیت آنزیم کاتالاز سرم موشها به تفکیک گروهها



نمودار۳. میانگین و انحراف معیار فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز سرم موشها به تفکیک گروهها

بحث

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهند که ۶، ۹ و ۱۲ هفته تمرین استقامتی، تغییر معنی‌داری در میزان فعالیت آنزیم‌های SOD و GPX سرم ایجاد نمی‌کند (نمودارهای ۱ تا ۳). این یافته‌ها با نتایج حاصل از تحقیقات اوگونوفسکی و یانگ همخوانی دارد (۱۱ و ۱۲)، اما با نتایج تحقیق وانی، ناوارو و جی همسو نیست (۱۵-۱۳). از سوی دیگر، نتایج نشان می‌دهند که ۹ هفته تمرین استقامتی، میزان فعالیت آنزیم CAT را در نمونه سرم موش به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد. این یافته بیان می‌کند که پس از ۹ هفته تمرین تولید گونه H_2O_2 در سلول بیشتر شده و به دنبال آن فعالیت کاتالاز نیز افزایش پیدا کرده است. این نتیجه با یافته‌های پینو و کاکارلا همخوانی دارد (۵ و ۱۶). اما پس از ادامه تمرینات به مدت ۱۲ هفته، میزان فعالیت CAT به سطوح قبلی باز می‌گردد. یافته‌های تحقیقات اوگونوفسکی و آکسوی نیز با یافته‌های این تحقیق همخوانی دارند (۱۱ و ۱۷). اوگونوفسکی در تحقیق خود گزارش کرد که تمرینات منظم، باعث کاهش تولید گونه‌های اکسیژن فعال می‌شود (۱۱). علت دیگر اینکه در تحقیق حاضر، میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز، پس از هفته‌های مختلف تمرین استقامتی با تغییر معنی‌داری مواجه نبوده است، می‌تواند مربوط به پایین بودن شدت تمرین در این پژوهش باشد. در اکثر تحقیقات پیشین دیده شده است که فعالیتهای شدید و کوتاه مدت، پراکسیداسیون لیپید و به دنبال آن فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را افزایش می‌دهد (۲۰-۱۸)، اما در بررسیهایی که از پروتکل‌های استقامتی استفاده شده است، با توجه به شدت و مدت تمرین، نتایج متفاوتی گزارش شده است. علت عدم تغییر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به دنبال تمرین استقامتی با شدت ۶۵٪ $VO_{2\ max}$ در این تحقیق را می‌توان توسط چند عامل احتمالی توجیه کرد. در وهله اول این احتمال وجود دارد که شدت تمرین به کار گرفته شده، در حدی نبوده است که میزان تولید گونه‌های اکسیژن فعال را افزایش داده باشد (۲۱ و ۲۲). از طرف دیگر، این احتمال وجود دارد که انجام تمرینات منظم با شدتهای کم، سبب ایجاد سازگاری در

سیستم ضد اکسایشی بدن شود (۲۳). از این رو می‌توان گفت که میزان طبیعی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سرم، پاسخگوی مقابله با رادیکال‌های تولید شده در اثر این نوع تمرین بوده‌اند، که می‌تواند توجیه مناسبی برای عدم تغییر در فعالیت این آنزیم‌ها به حساب آید. اما افزایش گزارش شده در فعالیت CAT پس از ادامه تمرینات به مدت ۹ هفته، می‌تواند دلیلی بر تجمع H_2O_2 باشد. با پیدایش سازگاری به دنبال تمرینات منظم، نیاز بدن به رهاسازی آنزیم‌های مذکور کمتر خواهد شد و میزان کمتر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، کفایت لازم برای کاتالیز واکنشهای مربوطه را پیدا خواهند کرد و به نوعی تنظیم مثبت دست پیدا می‌کنند (۲۱). علت عدم تغییر میزان فعالیت آنزیم GPX در تمام دوره‌های زمانی تمرین استقامتی در این پژوهش، می‌تواند به این علت باشد که آنزیم GPX، آخرین آنزیمی است که وارد واکنشهای ضد اکسایشی می‌شود (۲۴). به طور کلی، نوع تمرین (مدت و شدت) و بافتی که برای تحقیق به کار گرفته می‌شود، تأثیر زیادی در نتایج تحقیق دارد. به علاوه، این موضوع را نباید فراموش کرد که به طور کلی بالاترین میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، در بافت کبد دیده شده است (۱). از این رو، این احتمال وجود دارد که اگر این نوع تمرین، باعث تولید رادیکال‌های آزاد شده است، میزان فعالیت مناسب آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در بافت کبد توانایی لازم برای خنثی کردن واکنشهای زنجیره‌ای رادیکالی را داشته است و بدین سبب میزان این آنزیم‌ها در خون، تغییر معنی‌داری پیدا نکرده است. ولی علت اینکه فعالیت CAT پس از ۹ هفته تمرین افزایش و در ادامه کاهش پیدا کرده است به تحقیقات بیشتری نیازمند است.

در آخر پیشنهاد می‌شود به منظور درک بهتر الگوی تغییرات فعالیت آنزیمی، تحقیق مشابهی با دوره‌های زمانی طولانی‌تر و شدتهای تمرینی بیشتر صورت گیرد. از آنجایی که در تحقیق حاضر دسترسی به آب و غذا آزاد بوده است، پیشنهاد می‌شود در تحقیق دیگری تغذیه موشها نیز کنترل شود. بررسی شاخصهای پراکسیداسیون لیپید به منظور بررسی تولید گونه‌های اکسیژن فعال در هفته‌های تمرینی نیز می‌تواند در درک بهتر موضوع مؤثر باشد.

نتیجه‌گیری

عدم تغییر فعالیت آنزیم‌های SOD و GPX سرم می‌تواند به دلیل پایین بودن شدت تمرین و عدم تولید رادیکال‌های آزاد بوده باشد و اینکه GPX آخرین آنزیمی است که وارد واکنشهای آنتی‌اکسیدانی می‌شود و مقادیر طبیعی آنزیم‌ها برای خنثی کردن رادیکال‌های آزاد کافی بوده است. از طرف دیگر، افزایش فعالیت CAT در هفته ۹ می‌تواند نشان‌دهنده تولید رادیکال آزاد (H2O2) و به دنبال آن افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز بوده باشد. اما کاهش فعالیت این آنزیم تا هفته دوازدهم می‌تواند نشانی از بروز سازگاری در سیستم آنتی‌اکسیدانی به دنبال تمرین باشد

تشکر و قدردانی

در اینجا لازم می‌دانیم از همکاری پرسنل آزمایشگاه دانشکده تربیت بدنی دانشگاه تربیت مدرس و پژوهشکده غدد و متابولیسم دانشگاه شهید بهشتی نهایت قدردانی را به عمل آوریم.

REFERENCES

1. Radak Z, Chung HY, Goto S. Systemic adaptation to oxidative challenging induced by regular exercise. Free Radic Biol Med 2008;44(2):153-9.

2. Watson TA, Lk MacDonald-Wicks, Garg Ml. Oxidative stress and antioxidants in athletes undertaking regular exercise training. Int J sport Nutr Exerc Metab 2005 ;15(2):131-46.

3. Nikolaidis MG, Kyparos A, Hadziioannou M, Panou N, Samaras L, Jamurtas AZ, et al. Acute exercise markedly increases blood oxidative stress in boys and girls. Appl physiol Nutr Metab 2007;32(2):197-205.

4. Daud DM, Karim AAH, Mohamad N, Hamid NAA, Wan Ngah WZ. Effect of exercise intensity on antioxidant enzymatic activities in sedentary adults. Malays J Biochem Mol Biol 2006;13:37-47.

5. Pinho RA, Andrades ME, Oliveira MR, Pirola AC, Zago MS, Silveira PC, et al. Imbalance in SOD/CAT activities in rat skeletal muscles submitted to treadmill training exercise. Cell Biol Int 2006;30(10):848-53.

6. Vincent HK, Powers SK, Stewart DJ, Demirel HA, Shanely RA, Naito H. Short term exercise training improves diaphragm antioxidant capacity and endurance. Eur J Appl Physiol 2000;81(1-2):67-74.

7. Minyi SHI, Wang X, Yamanka T, Ogita F, Nakatani K, Takeuchi T. Effects of anaerobic exercise and aerobic exercise on biomarkers of oxidative stress. Environ Health Prev Med 2007;12(5):202-8.

8. Radak Z, Taylor AW, Ohno H, Goto S. Adaptation to exercise-induced oxidative stress: from muscle to brain. Exerc Immunol Rev 2001;7:90-107.

9. Escribano BM, Tunez I, Requena F, Rubio MD, Miguel RDe, Montilla P, et al. Effects of an aerobic training program on oxidative stress biomarkers in bulls. Veterinari Medicina 2010;55(9):422-8.

10. Powers SK, Criswell D, Lawler J, Martin D, Lieu FK, Ji LL, et al. Rigorous exercise training increases superoxide dismutase activity in the ventricular myocardium. Am J Physiol 1993; 265(6 Pt 2):H2094-8.

11. Ogonovszky H, Sasvári M, Dosek A, Berkes I, Kaneko T, Tahara S, et al. The effects of moderate, strenuous and overtraining on oxidative stress markers and DNA repair in rat liver. Can J Appl physiol 2005;30(2):186-95.

12. Jang I, Jnag K, cho J. Age-related changes in antioxidant enzyme activities in the small intestine and liver from Wistar rats. Exp Anim 1998;47(4): 247-52.

13. Vani M, Reddy GP, Reddy GR, Thyagaraju K, Reddanna P. Glutathione-s-transferase, superoxide dismutase, xanthine oxidase, catalase, glutathione peroxidase and lipid peroxidation in the liver of exercised rats. Biochem Int 1990;21(1):17-26.

14. Navarro-Arévalo A, Sánchez-del-Pino MJ. Age and exercise-related changes in lipid peroxidation and superoxide dismutase activity in liver and soleus muscle tissue of rats. Mech ageing Dev 1998;104 (1):91-102.

15. Ji LL, Stratman FW, Lardy HA. Antioxidant enzyme systems in rat liver and skeletal muscle .Influence of selenium deficiency, chronic training and acute exercise. Arch Biochem Biophys 1988;263(1):150-60.

16. Kakarla P, Vadluri G, Reddy Kesireddy S. Response of hepatic antioxidant system to exercise training in aging female rat. J Exp Zoolog A Comp Exp Biol 2005;303(3):203-8.

17. Aksoy Y, Yapanoğlu T, Aksoy H, Demircan B, Oztaşan N, Canakçi E, et al. Effects of endurance training on antioxidant defense mechanisms and lipid peroxidation in testis of rats. Arch Androl 2006;52(4):319-23.

18. Bloomer RJ, Goldfarb AH. Anaerobic exercise and oxidative stress: a review. Can J Appl Physiol 2004;29(3):245-63.

19. Jenkins RR. Exercise and oxidative stress methodology: a critique. Am J Clin Nutr 2000;72(2 Suppl):670-4.

20. Jammes Y, Steinberg JG, Brégeon F, Delliaux S. The oxidative stress in response to routine incremental cycling exercise in healthy sedentary subjects. Respir Physiol Neurobiol 2004;144(1):81-90.

21. Gomes EC, Silva AN, de Oliveira MR. Oxidants, antioxidants, and the beneficial roles of exercise-induced production of reactive species. Oxid Med Cell Longev 2012; 2012:756132.

22. Berzosa C, Cebrián I, Fuentes-Broto L, Gómez-Trullén E, Piedrafita E, Martínez-Ballarín E, et al. Acute exercise increases plasma total antioxidant status and antioxidant enzyme activities in untrained men. J Biomed Biotechnol 2011;2011:540458

23. Tong TK, Lin H, Lippi G, Nie J, Tian Y. Serum oxidant and antioxidant status in adolescents undergoing professional endurance sports training. Oxid Med Cell Longev 2012;2012:741239.

24. Schneider CD, Barp J, Ribeiro JL, Belló-Klein A, Oliveira AR. Oxidative stress after three different intensities of running. Can J Appl Physiol 2005;30(6):723-34.