

# مقایسه تأثیر ۳ و ۵ جلسه تمرین تناوبی هوازی بر HS-CRP موش‌های صحرائی ماده ویستار

۱۰۵

تاریخ تصویب: ۸۷/۳/۶  
تاریخ دریافت: ۸۷/۷/۷

❖ دکتر ولی الله دبیدی روشن؛ استادیار دانشگاه مازندران\*  
❖❖ سید علی اکبر محمودی؛ کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش  
❖❖❖ طلا جولزاده؛ دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزش

## چکیده:

هدف از این پژوهش عبارت است از مقایسه تأثیر ۱۲ هفته تمرین تناوبی هوازی با تواتر ۳ و ۵ جلسه در هفته بر حساس‌ترین شاخص التهابی پیشگویی کننده بیماری قلبی - عروقی (پروتئین واکنش دهنده C با حساسیت بالا) در موش‌های صحرائی. برای این منظور ۵۶ سرموش صحرائی ماده نژاد ویستار (با وزن  $4/93 \pm 225/6$  گرم، سن ۲۱ ماه که دست کم سه ماه از اتمام دوران باروری آن‌ها گذشته بود) انتخاب و به طور تصادفی به سه گروه اصلی شامل گروه کنترل، گروه‌های تمرینی تناوبی ۳ و ۵ جلسه‌ای، و زیرگروه‌های پیش‌آزمون، میان‌آزمون، و پس‌آزمون تقسیم شدند. برنامه تمرینی تناوبی به مدت ۱۲ هفته و هفته‌ای ۳ یا ۵ جلسه تمرین با بار پیش‌رونده و با سرعت ۱۲ تا ۲۳ متر در دقیقه و مدت ۱۰ تا ۸۰ دقیقه اجرا شد. خون‌گیری در سطوح پایه و به دنبال ۱۲ تا ۱۴ ساعت ناشتایی در سه مرحله پیش‌آزمون، میان‌آزمون، و پس‌آزمون با شرایط مشابه انجام و مقادیر HS-CRP به روش ایمنوتوربیدیمتریک و شاخص‌های کترلی LDL-C و HDL-C نیز با روش آنزیماتیک اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های تحلیل واریانس و اندازه‌گیری‌های مکرر و آزمون‌های تعقیبی شفه و LSD تحلیل شد. نتایج نشان داد مقادیر درون گروه‌های HS-CRP گروه کنترل پس از ۶ و ۱۲ هفته افزایش معناداری داشت، در حالی که در هر دو گروه تمرینی در ۶ هفته نخست تمرین، کاهش غیرمعناداری مشاهده شد که این کاهش در پایان هفته دوازدهم فقط در گروه تناوبی ۵ جلسه‌ای به لحاظ آماری معنادار بوده است. از سوی دیگر، بررسی تفاوت HS-CRP سه گروه نشان داد این تفاوت فقط بین دو گروه تناوبی ۳ و ۵ جلسه‌ای با گروه کنترل به دنبال ۱۲ هفته تمرین معنادار است. تغییرات مشابهی نیز در مقادیر HDL-C و LDL-C بین سه گروه مشاهده شد. با توجه به یافته‌های این تحقیق می‌توان گفت فعالیت بدنی نقش قابل توجهی در کاهش التهاب و در نتیجه پیشگیری از بیماری قلبی - عروقی دارد و در این خصوص تعداد جلسات تمرینی و تداوم تمرینات و اجرای آن به صورت منظم جزء مهمی از برنامه تمرینی محسوب می‌شود.

واژگان کلیدی: تمرین تناوبی هوازی، شاخص‌های التهابی، پروتئین واکنش دهنده C، موش‌های صحرائی ویستار

\* E.mail: Vdabidiroshan@yahoo.com

## مقدمه

پروتئین واکنش دهنده C با حساسیت بالا (HS-CRP) یکی از نشانه‌های حساس به التهاب است. اخیراً عقیده بر این است که HS-CRP یکی از نشانه‌های اصلی عفونت در تحقیقات بالینی است (۳۳). افزایش سطح HS-CRP پلاسما با افزایش خطر بیماری‌های کرونری (۲۰،۳۰) ارتباط دارد. از طرف دیگر، اندازه‌گیری سطح پلاسمایی HS-CRP با چاقی (۳۵،۷)، مقاومت به انسولین (۸،۶)، و سندرم متابولیکی (۳۵،۷) ارتباط دارد.

تعداد زیادی از تحقیقات نقش التهاب را در پیدایش بیماری‌های قلبی، همچنین نقش فعالیت بدنی را در کاهش پیشرفت عفونت‌ها گزارش دادند (۳۳،۲۸،۱۲). مطالعات نشان می‌دهد مقادیر HS-CRP در افراد سالمند (۱۱)، زنان یائسه (۳۳،۲۰،۸)، و افراد چاق (۳۸،۱۱،۱۰) بیشتر از جوانان، مردان، و افراد لاغر است. ورزش و فعالیت بدنی نیز یکی دیگر از عوامل مؤثر بر این شاخص است.

محققان زیادی تأثیر ورزش بر شاخص‌های التهابی را بررسی کرده‌اند. ایسای و همکارانش (۱۸)، آلبرت و همکارانش (۱)، و فایری و همکارانش (۸) در پژوهشی ارتباط معکوس بین مقادیر HS-CRP و آمادگی قلبی-تنفسی را گزارش دادند. پژوهش‌هایی نیز عدم ارتباط بین فعالیت بدنی و HS-CRP را گزارش کردند (۲۵،۱۴).

با توجه به اینکه بسیاری از حوادث قلبی-عروقی در سنین بالا بروز می‌کند، برخی محققان به بررسی تأثیر ورزش بر شاخص‌های التهابی در افراد سالمند پرداختند. فایری و همکارانش (۸) تأثیر فعالیت بدنی را بر متغیرهای التهابی از جمله HS-CRP در ۵۳ زن یائسه مطالعه کردند. در این مطالعه افراد به صورت

تصادفی به دو گروه کنترل و تمرینی تقسیم شدند. گروه تمرینی به مدت ۱۵ هفته و ۳ بار در هفته تمرین هوازی روی چرخ کارسنج را انجام می‌دادند. گروه کنترل هیچ‌گونه تمرینی انجام نمی‌دادند. این محققان گزارش دادند در افراد فعال، سطح HS-CRP به مقدار ۱،۳۹ میلی‌گرم بر لیتر کاهش نشان داد، در حالی که در گروه کنترل به مقدار ۰،۱۰ میلی‌گرم بر لیتر افزایش نشان داد. محققان فوق پیشنهاد دادند تمرینات ورزشی ممکن است آثار مفیدی بر HS-CRP و دیگر فاکتورهای خطر ساز قلبی-عروقی داشته باشد.

از سوی دیگر، برخی محققان تأثیر مسافت تمرین و در نتیجه کالری مصرفی را بر برخی عوامل خطرزای قلبی-عروقی بررسی و ارتباط مثبت بین آن‌ها را گزارش دادند (۲۶،۱۰). به علاوه، حجم تمرین که ممکن است از طریق افزایش مدت تمرین و یا تعداد تکرار و هله‌های تمرینی زیاد شود، بر این تعامل اثرگذار است. اکثر مطالعاتی که تاکنون در خصوص تأثیر تعداد جلسات تمرین در روز یا هفته بر آمادگی بدنی و شاخص‌های خطر انجام گرفته نشان می‌دهد هیچ مدرک علمی‌ای مبنی بر اینکه چند ساعت تمرین در روز یا هفته باعث افزایش آمادگی و کاهش عوامل خطر می‌شود وجود ندارد. همین‌طور تا این لحظه محقق به پژوهشی که اثر تعداد جلسات تمرینی در هفته بر التهاب را بررسی نماید دست نیافته است و اکثر گزارش‌های پژوهشی به بررسی حجم تمرین بر شاخص‌های خطر فرامینگهام از جمله چربی‌های خونی پرداخته‌اند.

اگرچه محققانی آثار مثبت ورزش هوازی، به‌ویژه سازگاری با این تمرینات، را در کاهش شاخص‌های التهابی و در نتیجه حوادث قلبی-عروقی را در گروه‌های سنی مختلف گزارش

پژوهش موش‌های ماده بوده‌اند، برای جلوگیری از آثار هورمونی بر نتایج پژوهش موش‌های ماده به مدت چند ماه در مرکز پرورش و تکثیر انستیتو پاستور نگهداری شدند و تعداد زایش آن‌ها در هر دوره به تدریج کاهش یافت تا آنکه باروری آن‌ها تقریباً در ۱۸ ماهگی به پایان رسید. مطالعات نیز نشان دادند که زایش موش‌ها به تدریج از ۱۲ ماهگی نامنظم می‌شود (۴۲).

به علاوه، نتایج تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد بین سن (۸،۱۱)، جنس (۳۳،۲۰)، و چاقی (۳۸،۳۵،۱۱،۱۰،۷) با وقوع التهاب در آزمودنی‌های انسانی ارتباط وجود دارد. لذا برای تعیین این موضوع که آیا این ارتباط در موش‌ها نیز وجود دارد، ابتدا مطالعه اولیه‌ای با استفاده از موش‌های جوان و سالمند لاغر و چاق انجام شد و با توجه به نتایج آن که وجود این روابط را در موش‌های ویستار نیز تأیید کرد، از موش‌های ماده مسن استفاده شد.

موش‌ها، پس از آشنایی با محیط جدید و نحوه فعالیت روی نوارگردان، به طور تصادفی به سه گروه اصلی، کنترل، و تمرینی ۳ و ۵ جلسه‌ای ۷ زیر گروه تقسیم شدند (جدول ۱). به منظور جلوگیری از استرس و تغییر شرایط فیزیولوژیکی، نمونه‌ها به مدت ۲ هفته تحت شرایط جدید نگهداری شدند. هفته دوم، شامل آشنایی حیوانات با نحوه فعالیت روی نوارگردان بود. برنامه آشنایی شامل ۵ جلسه راه رفتن و دویدن با سرعت ۵ تا ۸ متر در دقیقه و شیب صفر درصد و به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه بوده است. برای تحریک به دویدن، شوک الکتریکی ملایمی در عقب دستگاه تعبیه شد. برای جلوگیری از آثار احتمالی شوک الکتریکی بر نتایج پژوهش، از طریق شرطی‌سازی با صدا به حیوانات آموزش داده شد تا

داده‌اند (۲۸،۲۳،۱۷،۸)، تعدادی از محققان عدم تغییر شاخص‌های التهابی را به دنبال تمرینات هوازی گزارش کرده‌اند (۲۶، ۲۵). به علاوه، مشخص شده که یک جلسه تمرین با شدت زیاد باعث فراخوانی پاسخ‌های التهابی در افراد جوان و سالمند می‌شود (۳۳،۳۰).

بنابراین، دستیابی به چنین نتایج متناقضی از یک سو و توجه به شرایط ویژه افراد سالمند و اهمیت تعیین تعداد جلسات تمرینی از سوی دیگر، موجب شده تا آثار احتمالی ناشی از تمرین تناوبی هوازی با جلسات مختلف تمرین در هفته بر این شاخص التهابی بررسی شود. به علاوه، با توجه به شرایط افراد سالمند، اجرای تمرینات به صورت تناوبی هوازی بر شاخص‌های التهابی دیدگاهی است که تاکنون به آن پرداخته نشده است. از این رو، پژوهش حاضر درصدد آن است تا اولاً مشخص نماید که ۱۲ هفته تمرین تناوبی ۳ و ۵ جلسه در هفته چه تأثیری بر HS-CRP (حساس‌ترین شاخص التهابی پیشگویی‌کننده بیماری قلبی-عروقی) در موش‌های صحرائی ماده، چاق، و مسن دارد. ثانیاً، آیا تفاوتی بر اثربخشی تعداد جلسات تمرینی کنترل شده بر این شاخص التهابی وجود دارد؟ بدون شک انجام پژوهش‌های علمی کنترل شده به منظور تجویز تمرینات به افراد جامعه نقش قابل توجهی در پیشگیری از بسیاری از معضلات اجتماعی و کاهش هزینه‌های درمانی دارد.

### روش‌شناسی

در پژوهش حاضر ۵۶ سرموش صحرائی ماده و ۲۱ ماهه از نژاد ویستار با ژنوم ۱۴۸۴۸ که دست کم سه ماه از اتمام دوران باروری آنها گذشته بود انتخاب شدند. با توجه به آنکه آزمودنی‌های این

در قفس‌های پلی‌کربنات شفاف ۱۵×۱۵×۲۰ سانتی‌متر و در محیطی با دمای ۲±۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد و چرخهٔ روشنایی به تاریکی ۱۲:۱۲ ساعت و رطوبت ۵±۵۰ درصد نگهداری شدند. وضعیت آلاینده‌های هوا با توجه به شاخص استاندارد آلاینده‌ها<sup>۱</sup> (PSI) در وضعیت سالم قرار داشت. همچنین، برای ایجاد تهویه و جریان مناسب هوا از دو دستگاه کولر آبی و دو دستگاه تهویهٔ بدون صدا استفاده شد. برای ایجاد رطوبت مناسب نیز دستگاه بخور تعبیه شد. پروتکل تمرینی ۵ و ۳ جلسه‌ای به ترتیب بر اساس جدول ۱ و ۲ طراحی و اجرا شد.

از نزدیک شدن و استراحت در بخش انتهایی دستگاه خودداری کنند. غذای آزمودنی‌ها، تولیدی شرکت خوراک دام پارس بود که بر اساس وزن کشتی هفتگی با ترازوی استاندارد ویژه و با توجه به جیرهٔ طبیعی ۱۰ گرم به ازای هر ۱۰۰ گرم وزن بدن در روز (۴۲) در هر قفس قرار داده می‌شد.

در تمام مراحل پژوهش آب مورد نیاز هر حیوان به صورت آزاد در بطری ویژهٔ حیوانات آزمایشگاهی در اختیار آن‌ها قرار داده شد. حیوانات مورد آزمایش در این پژوهش در دورهٔ دو هفته‌ای آشنایی با محیط جدید و آشنایی با نوارگردان همچنین اجرای پروتکل تمرینی به صورت انفرادی

جدول ۱. برنامهٔ تمرینی تناوبی هوازی دویدن روی نوارگردان ۵ جلسه در هفته

جلسات تمرینی		هفته‌های تمرینی											
عوامل تمرینی		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
اول	سرعت (متدرج دقیقه)	۱۲	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲
	مدت (دقیقه)	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۷٫۵	۴۵	۵۲٫۵	۶۰	۷۰	۸۰	۸۰
دوم	مدت (دقیقه×دفعات)	۲×۵	۲×۷٫۵	۲×۱۰	۲×۱۲٫۵	۳×۱۰	۳×۱۲٫۵	۳×۱۵	۳×۱۷٫۵	۴×۱۵	۴×۱۷٫۵	۴×۲۰	۴×۲۰
	سرعت (متدرج دقیقه)	۱۲	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۳
سوم	مدت (دقیقه)	۱۱	۱۶	۲۱	۲۶	۳۱٫۵	۳۹	۴۶٫۵	۵۴	۶۲	۷۲	۸۰	۸۰
	مدت (دقیقه×دفعات)	۲×۵٫۵	۲×۸	۲×۱۰٫۵	۲×۱۳	۳×۱۰٫۵	۳×۱۳	۳×۱۵٫۵	۳×۱۸	۴×۱۵٫۵	۴×۱۸	۴×۲۰	۴×۲۰
چهارم	سرعت (متدرج دقیقه)	۱۲	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۳
	مدت (دقیقه)	۱۲	۱۷	۲۲	۲۷	۳۳	۴۰٫۵	۴۸	۵۵٫۵	۶۴	۷۴	۸۰	۸۰
پنجم	مدت (دقیقه×دفعات)	۲×۶	۲×۸٫۵	۲×۱۱	۲×۱۳٫۵	۳×۱۱	۳×۱۳٫۵	۳×۱۶	۳×۱۸٫۵	۴×۱۶	۴×۱۸٫۵	۴×۲۰	۴×۲۰
	سرعت (متدرج دقیقه)	۱۲	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۲	۲۳
پنجم	مدت (دقیقه)	۱۳	۱۸	۲۳	۲۸	۳۴٫۵	۴۲	۴۹٫۵	۵۷	۶۶	۷۶	۸۰	۸۰
	مدت (دقیقه×دفعات)	۲×۶٫۵	۲×۹	۲×۱۱٫۵	۲×۱۴	۳×۱۱٫۵	۳×۱۴	۳×۱۶٫۵	۳×۱۹	۴×۱۶٫۵	۴×۱۹	۴×۲۰	۴×۲۰
پنجم	سرعت (متدرج دقیقه)	۱۲	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۲	۲۳
	مدت (دقیقه)	۱۴	۱۹	۲۴	۲۹	۳۶	۴۳٫۵	۵۱	۵۸٫۵	۶۸	۷۸	۸۰	۸۰
پنجم	مدت (دقیقه×دفعات)	۲×۷	۲×۹٫۵	۲×۱۲	۲×۱۴٫۵	۳×۱۲	۳×۱۴٫۵	۳×۱۷	۳×۱۹٫۵	۴×۱۷	۴×۱۹٫۵	۴×۲۰	۴×۲۰

1. Pollutant Standard index (PSI)

جدول ۲. برنامه تمرینی تناوبی هوازی دویدن روی نوارگردان ۳ جلسه در هفته

جلسات تمرینی	هفته های تمرینی											
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
اول	سرعت (متر در دقیقه)	۱۲	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱
	مدت (دقیقه)	۱۶	۲۵	۳۴	۴۳	۵۳	۶۲	۷۱	۸۰	۸۹	۹۸	۱۰۷
	مدت (دقیقه×دفعات)	۲×۸	۲×۱۲٫۵	۲×۱۷	۲×۲۱٫۵	۳×۱۷٫۶	۳×۲۰٫۶	۳×۲۳٫۶	۳×۲۶٫۶	۴×۲۲٫۲	۴×۲۴٫۵	۴×۲۶٫۷
دوم	سرعت (متر در دقیقه)	۱۲	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱
	مدت (دقیقه)	۱۹	۲۸	۳۷	۴۷	۵۶	۶۵	۷۴	۸۳	۹۲	۱۰۱	۱۱۰
	مدت (دقیقه×دفعات)	۲×۹٫۵	۲×۱۴	۲×۱۸٫۵	۲×۲۳٫۵	۳×۱۸٫۶	۳×۲۱٫۶	۳×۲۴٫۶	۳×۲۷٫۶	۴×۲۳	۴×۲۵٫۲	۴×۲۷٫۵
سوم	سرعت (متر در دقیقه)	۱۲	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱
	مدت (دقیقه)	۲۲	۳۱	۴۰	۵۰	۵۹	۶۸	۷۷	۸۶	۹۵	۱۰۴	۱۱۳
	مدت (دقیقه×دفعات)	۲×۱۱	۲×۱۵٫۵	۲×۲۰	۲×۲۵	۳×۱۹٫۶	۳×۲۲٫۶	۳×۲۵٫۶	۳×۲۸٫۶	۴×۲۳٫۷	۴×۲۶	۴×۲۸٫۲

زیرگروه‌های میان‌آزمون و پس‌آزمون مربوط به هر سه گروه کنترل و تمرینی ۳ و ۵ جلسه‌ای نیز به ترتیب پس از ۶ و ۱۲ هفته با شرایط کاملاً مشابه کشته شدند. همه گروه‌ها با رعایت اصول نگهداری، کشتن، و معدوم‌سازی حیوانات آزمایشگاهی (۴۲) به دنبال ۱۲ تا ۱۴ ساعت ناشتایی و در شرایط پایه (۲۴) ساعت پس از آخرین جلسه تمرین در گروه‌های تمرینی) با اتر بی‌هوش و کشته شدند. خون‌گیری را متخصص و جراح حیوانات انجام داد. سپس خون لخته شده به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۷۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ و برای آنالیز بیوشیمیایی، سرم از آن جدا شد. HS-CRP با روش Enhanced Immunoturbidimetric assay latex-particle دستگاه تحلیل گر خودکار Hitachi912 سنجیده شد (۱۹). کلسترول لیپوپروتئین پرچگالی<sup>۱</sup> (HDL-C) و کلسترول لیپوپروتئین کم‌چگالی<sup>۲</sup> (LDL-C) نیز با استفاده از کیت شرکت زیست شیمی و دستگاه Perkin-Elmer 550-SE و به روش آنزیماتیک اندازه‌گیری شد (۱۰).

برای گرم کردن نیز حیوانات در ابتدای هر جلسه تمرینی به مدت ۳ دقیقه با سرعت ۷ متر در دقیقه می‌دویدند. سپس، برای رسیدن به سرعت مورد نظر به ازای هر دقیقه، ۲ متر در دقیقه به سرعت نوارگردان افزوده می‌شد. برای سرد کردن بدن در انتهای هر جلسه تمرینی، سرعت نوارگردان به طور معکوس کاهش می‌یافت تا به سرعت اولیه برسد. کل برنامه تمرینی روی نوارگردان بدون شیب انجام شده است. این برنامه تمرینی با توجه به هزینه اکسیژن طراحی شده است (۲۷) و کل مسافت تمرینی، همچنین مسافت گرم و سرد کردن بدن در گروه‌های ۵ و ۳ جلسه‌ای به ترتیب ۷۱۰۷۹ و ۷۴۰۱۰ متر به دست آمد.

پس از سازگار شدن تمام آزمودنی‌ها با محیط جدید و آشنایی با نحوه فعالیت روی نوارگردان، به طور تصادفی به ۷ زیرگروه تقسیم شدند (جدول ۳). سپس، گروه اول (پیش‌آزمون) برای تعیین مقادیر پایه HS-CRP و متغیرهای وابسته به تحقیق (HDL-C, LDL-C) کشته شدند.

1. High Density Lipoprotein – Cholesterol (HDL -C)
2. Low Density Lipoprotein – Cholesterol (LDL - C)

جدول ۳. حجم نمونه و میانگین و انحراف معیار مشخصات گروه‌های اصلی و زیرگروه‌های مربوط

گروه	مشخصات زیر گروه	وزن (گرم)	سن هنگام خون گیری (ماه)	تعداد (سر)	مجموع
کنترل	پیش‌آزمون *	۳۲۵٫۶۲۵ ± ۴٫۹۳	۲۱٫۵	۸	۲۴
	میان‌آزمون	۳۲۳٫۲۵ ± ۴٫۳۳	۲۳	۸	
	پس‌آزمون	۳۱۹٫۲۵ ± ۵٫۹۲	۲۴٫۵	۸	
تناوبی ۵ جلسه‌ای	میان‌آزمون	۳۲۴٫۶۲۵ ± ۳٫۹۲	۲۳	۸	۱۶
	پس‌آزمون	۳۲۳٫۳۷۵ ± ۵٫۰۱	۲۴٫۵	۸	
تناوبی ۳ جلسه‌ای	میان‌آزمون	۳۲۴٫۲۵ ± ۵	۲۳	۸	۱۶
	پس‌آزمون	۳۲۴٫۷۵ ± ۴٫۳۹	۲۴٫۵	۸	
جمع					۵۶

\* مقادیر HS-CRP این گروه از موش‌ها به‌عنوان مقادیر پایه (پیش‌آزمون) گروه‌های تناوبی ۳ و ۵ جلسه‌ای نیز استفاده شد.

### تجزیه و تحلیل آماری

از آمار توصیفی برای توصیف داده‌ها استفاده شد. آزمون کولموگروف-اسمیرنف نیز برای تعیین نحوه توزیع داده‌ها به کار رفت. با توجه به طبیعی بودن توزیع داده‌ها، برای تجزیه و تحلیل یافته‌ها در هر گروه از آزمون اندازه‌گیری‌های مکرر استفاده شد. از آزمون تجزیه و تحلیل واریانس به منظور مطالعه یافته‌های بین گروهی استفاده شد. در صورت مشاهده تفاوت معناداری از آزمون‌های تعقیبی LSD و شفه نیز به ترتیب برای تعیین اینکه میانگین کدام مرحله تحقیق (پیش‌آزمون، میان‌آزمون، و پس‌آزمون) یا گروه (کنترل، تناوبی ۳ جلسه‌ای، و تناوبی ۵ جلسه‌ای) تفاوت معنادار دارد استفاده شد. اختلاف معناداری آماری در سطح  $P \leq 0.05$  تعیین شد.

### یافته‌ها

جدول ۴ میانگین و انحراف معیار HS-CRP

HDL-C و LDL-C گروه‌های کنترل، تناوبی ۳ و ۵ جلسه در هفته را در مراحل مختلف تحقیق نشان می‌دهد. داده‌های جدول ۴ نشان می‌دهد مقادیر HS-CRP گروه کنترل پس از ۶ و ۱۲ هفته تمرین افزایش معناداری داشته است (ارزش  $P$  به ترتیب ۰٫۰۰۶ و ۰٫۰۰۰). همچنین مقادیر HS-CRP گروه تناوبی ۵ و ۳ جلسه تمرین در هفته، در ۶ هفته نخست تمرین کاهش داشت که این مقدار کاهش از لحاظ آماری معنادار نبود (ارزش  $P$  به ترتیب ۰٫۳۵۱ و ۰٫۷۱۱). از سوی دیگر، با ادامه روند تمرین و پس از ۱۲ هفته تمرین کاهش معناداری در مقدار HS-CRP گروه تناوبی ۵ جلسه تمرین در هفته مشاهده شد ( $P \leq 0.003$ ). اما کاهش معناداری در گروه تناوبی ۳ جلسه‌ای مشاهده نشد ( $P \leq 0.059$ ). بررسی بین گروهی مقادیر HS-CRP نیز حاکی از عدم وجود اختلاف معنادار بین گروه‌های تمرینی ۳ و ۵ جلسه‌ای به دنبال ۶ و ۱۲ هفته تمرین است (مقدار  $P$  به ترتیب برابر است با ۰٫۹۹۸ و ۰٫۲۸۰). به علاوه، تفاوت

آماری قابل توجهی بین گروه‌های کنترل و تمرینی ۵ و ۳ جلسه‌ای به دنبال ۶ هفته تمرین مشاهده نشد (مقدار P به ترتیب برابر است با ۰/۰۸۳ و ۰/۱۶۰). همان گونه که در جدول ۴ نیز مشخص است، در تمام موارد دیگر، تفاوت معناداری بین گروه کنترل و

گروه‌های تمرینی مشاهده شد. تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی متغیرهای وابسته به تحقیق (LDL-C و HDL-C) نیز به ترتیب در جدول‌های ۴ و ۵ نشان داده شده‌اند.

جدول ۴. تغییرات HS-CRP و متغیرهای وابسته به تحقیق (LDL-C و HDL-C) در مراحل مختلف

پس آزمون (M±SD)	میان آزمون (M±SD)	پیش آزمون (M±SD)	مراحل	
			متغیر و گروه تمرینی	
* ۰/۴۲±۰/۰۱۶	* ۰/۳۸±۰/۰۱۶	۰/۳۶±۰/۰۱۸	کنترل	HS-CRP (میلی گرم در دسی لیتر)
			تناوبی ۵ جلسه‌ای	
			تناوبی ۳ جلسه‌ای	
* ۰/۳۳±۰/۰۱۱	* ۰/۳۶±۰/۰۱۱	۰/۳۶±۰/۰۱۸	کنترل	LDL-C (میلی گرم در دسی لیتر)
			تناوبی ۵ جلسه‌ای	
			تناوبی ۳ جلسه‌ای	
* ۰/۳۴±۰/۰۱۴	* ۰/۳۶±۰/۰۱۵	۰/۳۶±۰/۰۱۸	کنترل	HDL-C (میلی گرم در دسی لیتر)
			تناوبی ۵ جلسه‌ای	
			تناوبی ۳ جلسه‌ای	
* ۲/۱۹±۰/۰۲۰	* ۱۸/۶۲±۰/۰۲۰	۱۷/۶۲±۰/۰۲۰	کنترل	HDL-C (میلی گرم در دسی لیتر)
			تناوبی ۵ جلسه‌ای	
			تناوبی ۳ جلسه‌ای	
* ۱/۶۸±۰/۰۱۴	* ۱۶±۰/۰۱۴	۱۷/۶۲±۰/۰۲۰	کنترل	HDL-C (میلی گرم در دسی لیتر)
			تناوبی ۵ جلسه‌ای	
			تناوبی ۳ جلسه‌ای	
* ۲/۲۹±۰/۰۴۵	* ۵۰/۶۲±۰/۰۲۵	۵۵/۲۵±۰/۰۳۷	کنترل	HDL-C (میلی گرم در دسی لیتر)
			تناوبی ۵ جلسه‌ای	
			تناوبی ۳ جلسه‌ای	

\* نشانه اختلاف معنادار درون گروهی است.

جدول ۵. آزمون شفه ویژه HS-CRP و متغیرهای وابسته به تحقیق (LDL-C و HDL-C) به دنبال ۶ و ۱۲ هفته تمرین

متغیر	گروه‌ها	آماره			میان آزمون (پس از ۶ هفته تمرین)			پس آزمون (پس از ۱۲ هفته تمرین)		
		میانگین	خطای استاندارد	P مقدار	میانگین	خطای استاندارد	P مقدار	میانگین	خطای استاندارد	P مقدار
HS-CRP (میلی گرم در دسی لیتر)	کنترل - تناوبی ۵ جلسه	۰/۲۱۲۵	۰/۰۷۰۷	۰/۰۸۳	۰/۹۲۵۰	۰/۰۷۰۶	۰/۰۰۰	۰/۰۷۰۶	۰/۰۰۰	
	کنترل - تناوبی ۳ جلسه	۰/۱۸۷۵	۰/۰۷۰۷	۰/۱۶۰	۰/۰۷۶۲۵	۰/۰۷۰۶	۰/۰۰۰	۰/۰۷۰۶	۰/۰۰۰	
	تناوبی ۵ جلسه - تناوبی ۳ جلسه	۰/۰۰۲۵۰	۰/۰۷۰۷	۰/۹۹۸	۰/۱۶۲۵	۰/۰۷۰۶	۰/۲۸	۰/۰۷۰۶	۰/۰۰۰	
LDL-C (میلی گرم در دسی لیتر)	کنترل - تناوبی ۵ جلسه	۳/۰۰۰۰	۰/۸۱۹۹۵	۰/۰۲۰	۸/۸۷۵۰	۰/۹۴۵۳۸	۰/۰۰۰	۰/۹۴۵۳۸	۰/۰۰۰	
	کنترل - تناوبی ۳ جلسه	۱/۸۷۵۰	۰/۸۱۹۹۵	۰/۲۸۶	۷/۰۰۰۰	۰/۹۴۵۳۸	۰/۰۰۰	۰/۹۴۵۳۸	۰/۰۰۰	
	تناوبی ۵ جلسه - تناوبی ۳ جلسه	۱/۱۲۵۰	۰/۸۱۹۹۵	۰/۷۵۷	۱/۸۷۵۰	۰/۹۴۵۳۸	۰/۴۲۹	۰/۹۴۵۳۸	۰/۰۰۰	
HDL-C (میلی گرم در دسی لیتر)	کنترل - تناوبی ۵ جلسه	۸/۷۵	۰/۹۵۶۶۵	۰/۰۰۰	۱۷	۰/۹۴۶۳۳	۰/۰۰۰	۰/۹۴۶۳۳	۰/۰۰۰	
	کنترل - تناوبی ۳ جلسه	۶/۸۷۵	۰/۹۵۶۶۵	۰/۰۰۰	۱۵	۰/۹۴۶۳۳	۰/۰۰۰	۰/۹۴۶۳۳	۰/۰۰۰	
	تناوبی ۵ جلسه - تناوبی ۳ جلسه	۱/۸۷۵	۰/۹۵۶۶۵	۰/۴۴۱	۲	۰/۹۴۶۳۳	۰/۳۶۴	۰/۹۴۶۳۳	۰/۰۰۰	

\* نشانه اختلاف معناداری بین گروهی است.

## بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، تأثیر ۱۲ هفته تمرین تناوبی هوازی ۳ و ۵ جلسه در هفته بر شاخص التهابی HS-CRP در موش‌های ماده و مسن ویستار با ژنوم ۱۴۸۴۸ که دست کم ۳ ماه از اتمام دوران باروری آن‌ها گذشته بود بررسی شد. نتایج نشان دادند مقادیر HS-CRP گروه کنترل در مرحله‌های متفاوت پیش‌آزمون، میان‌آزمون، و پس‌آزمون به تدریج افزایش معناداری داشته‌اند. در صورتی که مقادیر HS-CRP هر دو گروه تمرینی در ۶ هفته نخست کاهش غیر معنادار داشت و با تداوم تمرین‌ها تا هفتهٔ دوازدهم کاهش معناداری در مقدار HS-CRP گروه تناوبی ۵ جلسه تمرین در هفته مشاهده شد، کاهش معناداری در گروه تناوبی ۳ جلسه‌ای مشاهده نشد. توجه به این یافته‌ها ما را بر چند موضوع مهم از قبیل تأثیر عدم تحرک، طول دورهٔ تمرین، حجم و تعداد جلسات تمرینی در هفته، و مدت و شدت تمرین بر التهاب رهنمون می‌سازد.

اول اینکه با توجه به اینکه موش‌ها سیکل فعالیت شبانه داشتند (۴۲)، برای کاهش فعالیت سیکل شبانه سعی شد حیوانات در دورهٔ پژوهش در قفس‌های پلی‌کربنات شفاف کوچک با ابعاد  $20 \times 15 \times 15$  سانتی‌متر نگهداری شوند. لذا به نظر می‌رسد کاهش فعالیت سیکل شبانه و عدم فعالیت در کل دورهٔ پژوهش احتمالاً باعث افزایش مقادیر HS-CRP، LDL-C و کاهش HDL-C در گروه کنترل در مقایسه با گروه‌های تمرینی شده است. به علاوه، برخی مطالعات نیز برگشت‌پذیری آثار تمرین به دنبال یک دوره بی‌تمرینی را گزارش دادند.

دوم، با توجه به اینکه بررسی‌های انجام شده حاکی از آن است که فعالیت منظم بدنی طی یک دوره، به عبارت ساده‌تر تداوم تمرینات سهم‌بسنایی

در کاهش التهاب دارد، لذا یافته‌های این پژوهش گزارش‌های قبلی مبنی بر تأثیر فعالیت‌های منظم بدنی بر کاهش التهاب و در نتیجه پیشگیری از بیماری‌های قلبی-عروقی را تأیید می‌کنند (۱۷، ۲۳، ۳۸). پژوهش گولد‌هامر و همکارانش (۱۲) نیز مؤید این موضوع است. این پژوهشگران، دلیل کاهش کمتر مقادیر HS-CRP سرمی را کاهش آسیب‌های عضلانی، تعدیل در تولید سایتوکین‌ها، تنظیم وزن بدن، بهبودی در حساسیت به انسولین، کاهش فشار خون، کاهش LDL-C و افزایش HDL به دنبال فعالیت بدنی منظم و مداوم ذکر کردند. بررسی‌های انجام شده حاکی از وجود ارتباط معکوس بین آمادگی قلبی-تنفسی و مقادیر HS-CRP است (۱۵، ۳۱، ۳۳).

هافمن و همکارانش (۱۷) و پلازانس و همکارانش (۳۰) کاهش بارز مقادیر پایهٔ HS-CRP و دیگر شاخص‌های التهابی را به دنبال تمرینات استقامتی هوازی در افراد ورزشکار با آمادگی قلبی-تنفسی بالاتر گزارش کرده‌اند. پروتکل تمرینی پژوهش حاضر نیز با توجه به هزینهٔ اکسیژن طراحی شده و با شدت ۵۰ تا ۷۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی اجرا شده است (۲۷). یافته‌های پژوهش حاضر، مبنی بر مقادیر کمتر HS-CRP در گروه تمرینی با پژوهش‌های مذکور همسوست. با این وجود، نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش جورج و همکارانش (۱۴) و مارسل و همکارانش (۲۵)، که عدم تغییر HS-CRP را گزارش دادند تفاوت دارد. نیکلاس و همکارانش (۲۶) نیز عدم تغییر HS-CRP را در ۳۱۶ فرد مسن گزارش کردند. برنامهٔ تمرینی این افراد ترکیبی از تمرینات با وزنه و پیاده‌روی به مدت ۱ ساعت، ۳ بار در هفته و به مدت ۳ ماه بود. این پژوهشگران نبود ارتباط بین HS-CRP و فعالیت



است. با توجه به اینکه کل مسافت تمرینی، همچنین مسافت گرم و سرد کردن بدن در دو گروه ۵ و ۳ جلسه‌ای تقریباً برابر (به ترتیب ۷۱۰۷۹ و ۷۴۰۱۰ متر) است، لذا به نظر می‌رسد تغییرات ناشی از تمرین HS-CRP تحت تأثیر عامل دیگری موسوم به مدت و شدت قرار گرفته است.

عامل چهارم که ارزش بررسی دارد، اثر ترکیبی مدت و شدت تمرین بر HS-CRP است. اگر چه محققانی تأثیر شدت تمرین بر افزایش HS-CRP را گزارش داده‌اند (۳۱،۱۵)، باید توجه داشت که سازش تدریجی با تمرینات بر تعامل بین شدت تمرین و مقادیر HS-CRP اثرگذار است. از این رو، گزارش شده، مقادیر HS-CRP غیر ورزشکاران بیشتر از ورزشکاران بوده است که این امر ناشی از اثر تمرین و سازگاری با ورزش بر استرس و اثر مهارتی ورزش بر HS-CRP است. بنابراین، عدم تغییر قابل توجه مقادیر HS-CRP در دو گروه تمرینی به دنبال ۶ هفته تمرین در پژوهش حاضر ممکن است به استرس تمرین و سازگاری اندک به تمرین نسبت داده شود. این موضوع در حالی است که با ادامه روند تمرین و پس از ۱۲ هفته، کاهش قابل توجهی در مقدار HS-CRP در گروه تمرینی ۵ جلسه‌ای مشاهده شد.

در این پژوهش، سرعت دویدن روی نوارگردان در هر دو گروه به طور مشابهی از ۱۲ متر در دقیقه در شروع تمرینات به ۱۷ متر در دقیقه در آغاز هفته هفتم و سرانجام به ۲۳ متر در دقیقه در آخرین جلسه تمرین افزایش یافته است. مدت فعالیت گروه ۵ و ۳ جلسه‌ای نیز به ترتیب در اولین جلسه تمرینی ۱۲ و ۱۶ دقیقه بود و این مدت در اولین جلسه هفته هفتم ۴۵ و ۷۱ دقیقه بود که به تدریج تا آخرین جلسه به ترتیب به ۸۰ و ۱۲۲ دقیقه افزایش یافت (جدول ۱

بدنی را در مطالعات اپیدمیولوژی گزارش کرده‌اند که این تناقض از تفاوت‌های برنامه تمرینی و روش ارزیابی یا طرح مطالعاتی ریشه گرفته است.

موضوع دیگری که با این تغییرات مرتبط است، حجم و تعداد جلسات تمرینی در هفته است. برخی محققان تأثیر مسافت تمرین و در نتیجه کالری مصرفی را بر برخی عوامل خطرزای قلبی-عروقی بررسی کردند و وجود ارتباط مثبت بین آن‌ها را گزارش دادند (۲۶،۱۰). به علاوه، حجم تمرین که با افزایش مدت تمرین یا تعداد تکرار و هله‌های تمرینی زیاد می‌شود، بر این تعامل اثرگذار است.

اکثر مطالعاتی که تاکنون در خصوص تأثیر تعداد جلسات تمرینی در روز یا هفته بر آمادگی بدنی و شاخص‌های خطر انجام گرفته نشان می‌دهد هیچ مدرک علمی‌ای مبنی بر اینکه چند ساعت تمرین در روز یا هفته باعث افزایش آمادگی و کاهش عوامل خطر می‌شود وجود ندارد.

متأسفانه، تا این لحظه محقق به پژوهشی که اثر حجم تمرین بر التهاب را بررسی نماید دست نیافته است و اکثر گزارش‌های پژوهشی به بررسی حجم تمرین بر شاخص‌های خطر فرامینگهام از جمله چربی‌های خونی پرداخته‌اند. همچنین، برخی محققان اثر حجم‌های مختلف تمرین در هفته بر عوامل خطرزای قلبی-عروقی را بررسی کرده‌اند، اما از آنجا که مطالعات انجام شده حاکی از ارتباط مستقیم مسافت تمرین و در نتیجه کالری مصرفی بر برخی عوامل خطرزای قلبی-عروقی است (۲۶،۱۰)، لذا در پژوهش حاضر سعی شد مسافت تمرین تقریباً ثابت نگه داشته شود و اثر تعداد جلسات تمرینی در هفته بر HS-CRP مطالعه گردد. نتیجه پژوهش حاکی از کاهش معنادار مقادیر HS-CRP فقط به دنبال تمرینات ۵ جلسه‌ای در هفته بوده

قابل توجه مقادیر شاخص‌های HDL-C، HDL-C و LDL-C بین گروه‌های کنترل و گروه‌های تمرینی به ویژه گروه تمرینی ۵ جلسه‌ای بوده است. احتمالاً این تغییرات غیر همسوی ناشی از استرس تمرین و از سوی دیگر افزایش HDL-C و کاهش LDL-C باعث ایجاد تغییرات اندک مقادیر شاخص‌های مرتبط با التهاب در گروه‌های تمرینی نسبت به هم و همچنین در مقایسه با گروه کنترل شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد آپوپروتئین اصلی موجود در HDL که با حرف A نشان داده می‌شود در افراد ورزشکار بیشتر از افراد غیر ورزشکار است. بر عکس، آپوپروتئین اصلی موجود در LDL که با حرف B نشان داده می‌شود در افراد غیر ورزشکار و به ویژه در افراد در معرض بیماری قلبی - عروقی بیشتر از افراد فعال است (۳۹).

اگرچه این آپوپروتئین‌ها در پژوهش حاضر اندازه‌گیری نشده، گزارش پژوهشی فون و سیمون حاکی از آن است که تغییرات قابل توجه مقادیر آپوپروتئین A و B به عواملی از قبیل جنسیت زن، نوع هوازی، شدت، مدت تمرین در هر جلسه، و طول دورهٔ تمرین وابسته است، طوری که اکثر مطالعاتی که اثر تمرینات هوازی کمتر از ۸ هفته را بررسی کرده‌اند، عدم تأثیر قابل توجه این آپوپروتئین‌ها و در نتیجه HDL-C و LDL-C را گزارش داده‌اند (۳۹).

از آنجا که در پژوهش حاضر نیز از تمرینات تناوبی هوازی به مدت ۱۲ هفته و با شدت ۵۰ تا ۷۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی استفاده شد (۲۷)، این احتمال وجود دارد که این تمرینات با افزایش آپوپروتئین A و کاهش آپوپروتئین B باعث افزایش

و ۲). در نتیجه، سازگاری‌های ناشی از فعالیت بدنی از جمله افزایش HDL-C و کاهش LDL-C (جدول ۴ و ۵)، احتمالاً کاهش HS-CRP در ۶ هفته پایانی تمرین را در این گروه‌ها توجیه می‌کند. با این وجود، به نظر می‌رسد مدت بیشتر فعالیت در گروه ۳ جلسه‌ای باعث ایجاد استرس بیشتر در این گروه شده و باعث کاهش قابل توجه مقادیر HS-CRP نشده است.

مطالعات کینگ و همکارانش (۲۱) همچنین دونوان و همکارانش (۵) نیز مؤید اثر شدت و مدت فعالیت ورزشی بر تغییرات شاخص‌های التهابی است. به علاوه، هایلر و همکارانش (۱۶) نیز افزایش مقادیر HS-CRP را بلافاصله پس از یک جلسه تمرین بلندمدت دوی ماراتون گزارش کرده‌اند. با توجه به سازگاری‌های به وجود آمده در این ورزشکاران کاملاً ورزیدهٔ استقامتی، این افزایش را احتمالاً می‌توان به استرس مکانیکی ناشی از ضربات مکرر پا با زمین نسبت داد.

نتیجهٔ پژوهش ویس و همکارانش نیز مؤید این ادعاست (۴۱). این محققان دریافتند بیشترین و کمترین مقادیر شاخص‌های التهابی در ورزشکاران ورزیدهٔ رشتهٔ سه‌گانه (شنا، دوچرخه‌سواری، و دویدن) به ترتیب در ورزش دو و شنا حاصل شده است. از سوی دیگر، فقط در رشتهٔ دو نیز افزایش معناداری در مقادیر ترومبومدولین<sup>۱</sup> مشاهده شد که این امر حاکی از استرس مکانیکی و فعال‌سازی سلول آندوتلیال است. همچنین، بررسی جداگانه هر ورزش نشان داد مقادیر HS-CRP غیر ورزشکاران بیشتر از ورزشکاران بوده است که این امر ناشی از اثر تمرین و سازگاری با ورزش بر استرس و اثر مهاری ورزش بر HS-CRP است (۹، ۴۱).

یافتهٔ مهم دیگر پژوهش حاضر، مشاهدهٔ اختلاف

#### 1. Trombomodulin

از آنجا که سلول‌های آندوتلیال در تولید IL-۱ و IL-۶ نقش دارند، فعال شدن سلول‌های آندوتلیال به تولید اینترلوکین‌ها و چسبندگی مولکول‌هایی می‌انجامد که موجب التهاب می‌شوند (۳۳). به طور خلاصه، احتمالاً تمرینات ورزشی هم به طور مستقیم از طریق کاهش تولید سایتوکین‌ها در بافت‌های چربی، عضله، و سلول‌های تک‌هسته‌ای<sup>۱</sup> و هم به صورت غیر مستقیم از طریق افزایش حساسیت به انسولین، بهبود عملکرد سلول‌های آندوتلیال و کاهش وزن بدن، موجب کاهش HS-CRP می‌شوند (۳۶، ۱۳).

ارتباط التهاب و چربی‌های خونی موضوع دیگری است که به توجیه کاهش التهاب به دنبال فعالیت ورزشی کمک می‌کند. با توجه به اثر ضد التهابی فعالیت ورزشی و نقش چاقی و چربی خون در بروز آترواسکلروز و التهاب همراه با آن، می‌توان گفت احتمالاً فعالیت ورزشی منظم و کاهش چربی‌ها باعث بهبود HS-CRP شده است.

چند پژوهش نشان داده است که فعالیت هوازی منظم باعث کاهش چربی‌های خون در انسان (۳۸، ۲۴) و حیوانات (۶) شده است. از طرف دیگر، افزایش چربی، باعث افزایش تولید سایتوکین‌های پیش‌التهابی به ویژه IL-۶ و TNF از این بافت‌ها می‌شود (۳۳، ۴). با افزایش تحریک سمپاتیکی نیز رهایش سایتوکین‌ها از بافت چربی افزایش می‌یابد و نشان داده شده است که فعالیت ورزشی باعث کاهش تحریک سمپاتیکی (۳۳) و تعدیل در میانجی‌هایی می‌شود که سایتوکین‌ها را به غیر از بافت چربی، از جایگاه‌های دیگری همچون عضلات اسکلتی (۱۱) و سلول‌های تک‌یاخته‌ای

HDL-C و کاهش LDL-C و در نتیجه کاهش التهاب شده است. به علاوه، فعالیت بدنی احتمالاً با چند سازو کار بر مقابله با بیماری عفونی آثار محافظتی دارد. یکی از این سازو کارها، مقادیر کمتر التهاب ناشی از سازگاری با فعالیت ورزشی است که به آثار ضد اکسایشی فعالیت ورزشی مربوط است.

اگر چه ورزش واقعاً موجب افزایش متابولیسم هوازی و تحریک استرس اکسایشی می‌شود، شواهدی وجود دارد که ورزش در طولانی مدت با تنظیم آنزیم‌های اکسایشی موجب افزایش دفاع ضد اکسایشی می‌شود (۳۲). شواهدی که با استفاده از مدل‌های حیوانی به دست آمده‌اند، نشان می‌دهند که فعالیت بدنی در دراز مدت دفاع ضد اکسایشی را تا حد زیادی افزایش می‌دهد (۳۳، ۴).

در این راستا، برخی محققان مقادیر التهاب را در زنان پس از دوره یائسگی بررسی کردند (۶، ۱۸، ۴۲). در پژوهشی استائوفر و همکارانش (۴۲) مقادیر HS-CRP را در چهار گروه زنان فعال و غیر فعال استفاده کننده و غیر استفاده کننده از هورمون درمانی که یک سال از دوره یائسگی آن‌ها گذشته بود بررسی کردند. نتایج نشان داد مقادیر HS-CRP در زنان فعال استفاده کننده از هورمون درمانی ۶۸ درصد کمتر از گروه‌های دیگر بود. این محقق این کاهش التهاب را به نقش حفاظتی هورمون‌های زنانه و اثر ضد اکسایشی آن نسبت داده است. به علاوه، همان گونه که اشاره شد فعالیت بدنی در دراز مدت دفاع ضد اکسایشی را تا حد زیادی افزایش می‌دهد و این موضوع احتمالاً تا حدی بر تعامل التهاب ناشی از فرایند سالمندی، یائسگی، و ورزش اثرگذار است. همچنین، فعالیت بدنی با پیشرفت عملکرد آندوتلیال با حفظ اکسید نیتریک موجب کاهش التهاب می‌شود (۴).

#### 1. Mononuclear cells

انجام دادند و مقادیر HS-CRP را در افراد ورزشکار پیشکسوتی که با ترک ورزش غیر فعال شده بودند، حتی بدتر از افراد گروه کنترل غیر ورزشکار گزارش دادند.

اگر چه یکی از محدودیت‌های این تحقیق عدم وجود تکنیک DXA در تعیین چربی زیرپوستی در گونه‌های حیوانی بوده است، با توجه به ارتباط فعالیت ورزشی با آمادگی قلبی-تنفسی و ارتباط این دو با توده چربی بدن و در نتیجه چربی‌های خونی (۳۸،۶)، می‌توان گفت احتمالاً ۱۲ هفته تمرین‌های تناوبی ۳ و ۵ جلسه‌ای در پژوهش حاضر باعث کاهش توده چربی بدن شده‌اند.

به طور خلاصه، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که افراد می‌توانند از تمرینات تناوبی هوازی جهت پیشگیری از بروز بیماری‌های قلبی-عروقی سود ببرند و در این راستا با توجه به وضعیت و شرایط خود می‌توانند از تمرینات ۵ جلسه‌ای در هفته و به صورت منظم و مداوم برای دستیابی به اهداف فوق بهره‌لازم را ببرند. مهم‌ترین یافته این پژوهش تأکید مجدد بر حفظ و تداوم تمرینات با تعداد جلسات تمرینی بیشتر، در دوره طولانی برای بهره‌مندی از مزایای ورزش و فعالیت بدنی است. اینکه سایر روش‌های تمرینی می‌تواند نتیجه مشابهی را به دنبال داشته باشد، موضوعی است که لازم است درباره آن تحقیق کرد.

(۳۶) تولید می‌کنند. در پژوهش حاضر نیز معلوم شد، تمرین باعث افزایش HDL-C و کاهش LDL-C در مراحل گوناگون تحقیق همچنین بین گروه کنترل در مقایسه با دو گروه تمرینی شده است. به علاوه، مطالعات نشان می‌دهد وزن بدن موش‌های ماده بر اثر تمرین تغییرپذیری کمی دارد که این موضوع احتمالاً با فرایند سالمندی ارتباط دارد.

استئوپروز که به بیماری خاموش نیز معروف است، عامل خطر سلامت، به ویژه در زنان، است. از جمله علایم آن عبارت است از کاهش توده استخوان که در دوره سالمندی، به ویژه پس از دوره یائسگی، پدیدار می‌شود (۲). پژوهشگران با انجام پژوهش‌های حیوانی دریافته‌اند که چگالی استخوان از ۹ تا ۲۲ ماهگی کاهش داشته است. تمرین و فعالیت بدنی از کاهش توده استخوانی وابسته به سن در موش‌ها جلوگیری کرد و چگالی استخوان را در موش‌های صحرایی مسن حفظ یا افزایش داد. از سوی دیگر، با افزایش سن و بی‌حرکی، توده چربی بدن نیز افزایش یافت (۳).

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان گفت که تأثیر تمرینات تناوبی هوازی ۵ جلسه در هفته بر شاخص‌های مرتبط بر التهاب بارزتر بوده است. این یافته مهم مجدداً عدم قطع ورزش و لزوم حفظ تمرینات با تعداد جلسات بیشتر در هفته را برای دستیابی به آثار مثبت ورزش تأیید می‌کند. گواه این ادعا تحقیقی است که فون نامیتی و همکارانش (۴۰) و فایهل و همکارانش (۲۹) روی افراد ورزشکار

## منابع

1. Albert, M.A.; R.J.Glynn; P.M. Ridker (2004). "Effect of physical activity on serum C-reactive protein". *Am J Cardiol.* 93:221-225.
2. Ballard, J.E.; L.S. Wallace; D.B. Holody; C. Herron; L.L. Harrington; K.C. Mobbs and P. Cussen (2003). "Evaluation of differences in bone-mineral density in 51 men age 65-93 years : A cross-sectional study". *Journal of aging and physical activity.* 11:470-86.
3. Cavalie, H.; M.N. Horcajada – Molteni; P. Lebecque; M.J. Davicco; V. Coxam; G. Lac and J.P. Barlet (2003). "Progressive isometric force training and bone mass in rats". *J. Musculoskel Neuron Interact.* 3(1). 47-52.
4. Christos Kasapis, M.D. and Paul D.Thompson MD, FACC. (2005). "The Effects of Physical Activity on Serum C-Reactive Protein and Inflammatory Markers". *Systematic Review.* :45, (10), 1563-1569.
5. Donovan, G.O.; A. Owen and et. al. (2005). "Changes in cardiorespiratory fitness and coronary heart disease risk factors following 24 weeks of moderate - or high-intensity exercise of equal energy cost". *J. Appl. Physiol.* 1S10. 1152.
6. Fiebig, R.G.; D. Hollander; R. Ney; E. Jeffery Boileau and L.L Ji (2002). "Training down-regulates fatty acid Strength and blood fat in obese zucker rats". *Med.Sci.Spo.Exer.* 34(7).1160-1114.
7. Festa, A.D.; R. Jr Agostino; G. Howard; L. Mykkanen; R.P. Tracy; S.M. Haffner (2000). "Chronic subclinical inflammation as part of the insulin resistance syndrome". *The Insulin Resistance Atherosclerosis Study (IRAS).* 102:42-47.
8. Fairey, A.S.; K.S. Courneya; C.J. Field; G.J. Bell; L.W. Jones; B.S. Martin (2005). "Effect of exercise training on C-reactive protein in postmenopausal breast cancer survivors: a randomized controlled". *19(5):381-8.*
9. Fleg, Jerome L. (2005). "Physical activity as anti-inflammatory therapy for cardiovascular disease". *prev. cardiol.* 8(1);8-10.
10. Goodarzi, M.T.; H. Babaahmadi-Rezaei; M. Kadkhodaei; S. Haddadinezhad (2007). "Relationship of serum adiponectin with blood lipids, HbA (1) c, and hs-CRP in type II diabetic postmenopausal women". *21(3):197-200.*
11. Geffken, D.F.; M. Cushman; G.L. Burke; J.F. Polak; P.A. Sakkinen and R.P. Tracy (2001). "association between physical activity and Markers of Inflammation in a Healthy Elderly Population". *American J.of epidemiology.* 153(3).242-50.
12. Goldhammer, E.; A. Tanchilevitch; I. Maor; Y. Beniamini; U. Rosenschein; M. Sagiv (2005). "Exercise training modulates cytokines activity in coronary heart disease patients". *Int. J. Cardiol.* 100, 93-99.
13. Gielen, S.; V. Adams and S. Mobius-Winkler (2003). "Anti-inflammatory effects of exercise training in the skeletal muscle of patients with chronic heart failure", *J Am Coll Cardiol.* 42., 861-868.
14. George, A. Kelley and S. Kelley Kristi (2006). "Effects of aerobic exercise on C-reactive protein, body composition, and maximum oxygen consumption in adults". *55, 11, 1500-1507.*
15. Graham, T. and Gregory Y.H.Lip (2006). "Reduction of Vessel Wall Inflammation in Hypertensive Patients: Is Physical Activity the Answer?" *American Journal of Hypertension:* 19,(7), 676-677.
16. Hiller, W.D. B.; L.M. Dierenfield, P.S. Douglas, M .L Otool, E.E. Fortess , D.S. Yamada, L.J. Haseler, N.J. Shikuma, and D.L Wong (2003). "C-reactive protein levels before and after endurance exercise". *Med. Sci. Spo. Exer.* 35(5). 121.
17. Huffman, K.M.; G.P. Samsa; C.A. Slentz; B.D. Duscha; J.L. Johnson; C.W. Bales; C.J. Tanner; J.A. Houmard; W.E. Kraus (2006). "Response of high-sensitivity C-reactive protein to exercise training in an at-risk population". *152(4):793-800.*
18. Isasi, C.R.; R.J. Deckelbaum; R.P. Tracy; T.J. Starc; L. Berglund; S. Shea (2003). "Physical fitness and C-

- reactive protein level in children and young adults the Columbia University BioMarkers Study". *Pediatrics*; 111:332-338.
19. Jayachandran, M.; H. Okano; R. Chatrath; W.G. Owen; J.P. McConnell, and V.M. Miller (2004). "Sex-Specific changes in platelet Aggregandran and secretion with sexual maturity in pigs". *J.Appl. Physiol.* 97:1445-52.
  20. Kim, B.J.; Yu YM; Kim EN; Chung YE; Koh JM. (2007). "Relationship between serum hsCRP concentration and biochemical bone turnover markers in healthy pre- and postmenopausal women". 67(1):152-8.
  21. King, Carek and et. al. (2003). "Inflammatory markers and exercise: Differences related to exercise type". *Med. Sci. Spo. Exer.* 35(4). 575-81.
  22. Kullo, I.J.; M. Khaleghi; D.D. Hensrud (2007). "Markers of inflammation are inversely associated with VO<sub>2</sub>max in asymptomatic men". *J Appl Physiol.* 102(4):1374-1379.
  23. Lakka, T.A.; H.M. Lakka; T. Rankinen; A.S. Leon; D.C. Rao; J.S. Skinner; J.H. Wilmore; C. Bouchard (2005). "Effect of exercise training on plasma levels of C-reactive protein in healthy adults". *the Heritage Family Study*; 26(19):2018-25.
  24. Mackness, B.; D. Hine; P. McElduff; M. Mackness (2006). "High C-reactive protein and low paraoxonase1 in diabetes as risk factors for coronary heart disease". 186(2):396-401.
  25. Marcell, T.J.; K.A. McAuley; T. Traustadottir & P.D. Reaven (2005). "Exercise training is not associated with improved levels of C-reactive protein or adiponectin". *Metabolism.* 54 533-541.
  26. Nicklas, B. J.; W. Ambrosius; S.P. Messier; G.D. Miller; B.W. Penninx; R.F. Loeser; S. Palla; E. Bleecker; M. Pahor (2004). "Diet-induced weight loss, exercise, and chronic inflammation in older, obese adults: a randomized controlled clinical trial". *Am. J. Clin. Nutr.* 79,544-551.
  27. Naito, H.S.K.; H.A.D. Pwers and J. Aoki (2001). "Exercise Training increases heat shock protein in skeletal muscles of Old rats". *Med. Sci.Spo.Exer.* 33 (5).729 -34.
  28. Olson, T.P.; D.R. Dengel; A.S. Leon; K.H. Schmitz (2007). "Changes in inflammatory biomarkers following one-year of moderate resistance training in overweight women". *In ternational Journal of Obesity*; 31 (6): 996-1003.
  29. Pihl, Zilmer and et al.(2003). "High-sensitive C-reactive protein level and oxidative stress related status in former athletes in relation to traditional cardiovascular risk factor". *Atherosclerosis.* 171.321-26.
  30. Plaisance, Eric P.; J.K. Taylor; S. Alhassan; A. Abebe; M.L. Mestek; P.W. Grandjean (2007). "Cardiovascular fitness and vascular inflammatory markers after acute aerobic exercise". *In ternational Journal of Sport Nutrition and Exercise.* 17 (2), 152-162.
  31. Plaisance, E.P.; P.W. Grandjean (2006). "Physical activity and high-sensitivity C-reactive protein". *Sports Medicine.* 36 (5), 443-458.
  32. Powers, S.K.; L.L. Ji and C. Leeuwenburgh (1999). "Exercise training-induced alterations in skeletal muscle antioxidant capacity a brief review". *Med Sci Sports Exerc.* 31, 987-997.
  33. Pearson, T.A.; G.A. Mensah; R.W. Alexander; J.L. Anderson; RO III Cannon; M. Criqui; Y.Y. Fadd; S.P. Fortmann; Y. Hong; G.L. Myers; N. Rifai; S.C. Jr Smith; K. Taubert; R.P. Tracy; F. Vinicor (2003). "Markers of Inflammation and cardiovascular disease". *Circulation*, 107 :499-511.
  34. Rawson, E.S.; P.S. Freedson; S.K. Osganian, C.E Matthws, G. Reed, and I.S .Okene (2003). "Body mass index, but not physical activity, is associated with C-reactive protein". *Med. Sci. Spo. Exe.r.* 35(7). 1160-66.
  35. Ridker, P.M.; J.E. Buring; N.R. Cook; N. Rifai (2003). "C-reactive protein, the metabolic syndrome, and risk of incident cardiovascular events: an 8-year follow-up of 14719 initially healthy American women". *Circulation*; 107 :391 -397.
  36. Smith, J.K.; R. Dykes; J.E. Douglas; G. Krishnaswamy and S. Berk (1999). "Long-term exercise and

- atherogenic activity of blood mononuclear cells in persons at risk of developing ischemic heart disease", *Jama*. 281,1722-1727.
37. Stauffer, Hoetzer, Smith and Desouza (2004). "Plasma C-reactive protein is not elevated in physically active postmenopausal women taking hormone replacement therapy". *J. Appl. Physiol.* 96. 143-48.
  38. Tchernof, A.; A. Nolan; C.K. Sites; P.A. Ades and E.T. Poehlman (2002). "Weight loss reduces C-reactive protein levels in obese postmenopausal women". *Circulation*. 105(5):564.
  39. Von stengel, and Simon (2004). "Exercise effects on CHD- risk factor in early postmenopausal women with increased cholesterol levels-preliminary 4-year results". *Med.Sci.Sport.Exer.* 36(5).Supplement.
  40. Wannamethee, S.G.; G.D. Lowe; P.H. Whincup; M. Rumley; M. Walker and L. Lennon (2002). "Physical activity and hemostatic and inflammatory variables in elderly men", *Circulation*: 105 ,1785-1790.
  41. Weiss C.; G. Seitel and P. Bartsch (1998). "Coagulation and thrombomodulin in response to exercise of different type and duration". *Med. Sci. Spo. Exer.* 30(8). 1205-10.
  42. Whih, W.H. (1987). *The Laboratory Rat*. In T.Pool (Ed): *UFAW Handbook on the Care and Management of Laboratory Animals*, 6 Ed. Longman Scientific and Technical, Harlow, UK.