

علوم زیستی ورزشی \_ پاییز ۱۳۸۸

شماره ۲- ص ص : ۳۶- ۱۹

تاریخ دریافت : ۱۲ / ۰۶ / ۸۶

تاریخ تصویب : ۰۵ / ۰۹ / ۸۶

## تأثیر سه و پنج جلسه تمرین تداومی بر پروتئین واکنش‌دهنده C موش‌های ویستار با

ژنوم ۱۴۸۴۸

ولی‌الله دبیدی روشن<sup>۱</sup> \_ طلا جولازاده \_ سیدعلی اکبر محمودی

استادیار دانشگاه مازندران، کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزش

### چکیده

پروتئین واکنش‌دهنده C با حساسیت HS-CRP، حساس‌ترین شاخص التهابی پیشگویی‌کننده بیماری قلبی - عروقی است. برای بررسی تأثیر دوازده هفته تمرین تداومی سه و پنج جلسه‌ای در هفته بر پروتئین واکنش‌دهنده C با حساسیت زیاد، ۵۶ موش‌ها صحرایی ماده نژاد ویستار با ژنوم ۱۴۸۴۸ (با وزن  $325/6 \pm 4/93$  گرم، سن ۲۱ ماه که دست کم سه ماه از اتمام دوران باروری آنها گذشته بود) انتخاب و به‌طور تصادفی به گروه کنترل و گروه تمرینی تقسیم شدند. گروه‌های تمرینی به گروه‌های تمرینی تداومی ۳ جلسه و ۵ جلسه در هفته تقسیم شدند. برنامه تمرینی تداومی سه یا پنج جلسه در هفته به مدت ۱۲ هفته با سرعت و مدت تعیین‌شده اجرا شد. خونگیری حالت ناشتایی در سه مرحله پیش‌آزمون و به‌دنبال شش و دوازده هفته تمرین انجام شد. مقادیر HS-CRP گروه کنترل پس از شش و دوازده هفته، افزایش معناداری داشت، در حالی که در هر دو گروه تمرین تداومی در شش هفته نخست تمرین، کاهش غیرمعناداری مشاهده شد که این کاهش در پایان هفته دوازدهم به لحاظ آماری معنادار بوده است. از سوی دیگر، بررسی تغییرات HS-CRP بین سه گروه نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین دو گروه تمرینی ۳ و ۵ جلسه‌ای در مقایسه با گروه کنترل وجود دارد، در حالی که این تفاوت بین دو گروه تمرینی معنادار نیست. باتوجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت اگرچه در مجموع اثربخشی تمرینات ۵ جلسه‌ای بیش‌تر از تمرینات ۳ جلسه‌ای در هفته است، ولی برای مهار پاسخ التهابی، طول دوره تمرینی مهم‌تر از تعداد جلسات تمرینی در هفته است.

### واژه‌های کلیدی

تمرین تداومی هوازی، شاخص‌های التهابی، HS-CRP، موش‌های صحرایی ویستار.

## مقدمه

فعالیت بدنی با کاهش نشانه‌های بیماری کرونری ارتباط دارد. در تحقیقات زیادی نقش التهاب در پیدایش بیماری‌های قلبی و همچنین نقش فعالیت بدنی در کاهش پیشرفت عفونت‌ها گزارش شده است (۳ و ۳۰). شواهد زیادی نیز مبنی بر افزایش ابتلا به آترواسکلروز (۳۰ و ۳۱) به‌عنوان بیماری غالب سال ۲۰۲۰ در اثر عفونت‌های مختلف گزارش شده است (۳۰ و ۳۱). با استفاده از چندین نوع سایتوکین و شاخص‌های التهابی، می‌توان وقوع یا شدت حوادث قلبی - عروقی را تخمین زد. پروتئین واکنش‌دهنده با حساسیت زیاد HS-CRP حساس‌ترین شاخص التهابی و پیشگویی‌کننده مستقل قوی خطر قلبی - عروقی معرفی شده است (۲۳، ۳۰ و ۳۱) که با استفاده از آن می‌توان افراد مستعد به آترواسکلروز زودرس به‌ویژه افراد با مقادیر چربی خون طبیعی را شناسایی کرد. شواهد رو به رشدی نشان می‌دهد که التهاب در فرایند آترواسکلروز نقش دارد. نقش‌های CRP در این زمینه عبارتند از: اتصال به فسفولیپیدهای سلول‌های آسیب‌دیده برای فعال‌سازی کمپلمان و افزایش مصرف این سلول‌ها توسط ماکروفاژها، به علاوه فعال‌سازی سلول‌های اندوتلیال برای بیان ژنی مولکول‌های چسبان و کاهش بیان ژنی سنتز نیتریک اکساید اندوتلیال (۶، ۷ و ۱۴). مطالعات نشان می‌دهد مقادیر HS-CRP در افراد سالمند (۱۲) و زنان یائسه (۱۰، ۱۶ و ۱۷) و افراد چاق (۱۱، ۱۲ و ۳۳)، بیش‌تر از جوانان، مردان و افراد لاغر است. ورزش و فعالیت بدنی نیز یکی دیگر از عوامل مؤثر بر این شاخص است.

این موضوع به خوبی شناخته شده که ورزش با تغییر در التهاب در پیشگیری از بیماری کرونری قلب شرکت دارد (۷ و ۱۸). محققان زیادی تأثیر ورزش بر شاخص‌های التهابی را بررسی کرده‌اند. هافمن و همکارانش (۱۳) و لاکا و همکارانش (۱۹)، لامونت (۲۰)، چارچ (۵) و کلو (۱۸) ارتباط معکوسی بین مقادیر HS-CRP و مقدار فعالیت بدنی و آمادگی قلبی تنفسی را مشاهده کردند. پژوهش‌هایی نیز عدم ارتباط بین فعالیت بدنی و HS-CRP را گزارش کردند (۸، ۲۴ و ۲۷). بررسی منابع نشان می‌دهد در تحقیقات زیادی تأثیرات حاد ورزش بر التهاب بررسی و افزایش HS-CRP به‌دنبال ورزش گزارش شده است. ولی در زمینه آثار یک دوره سازگاری ورزشی بر شاخص‌های التهابی بررسی کم‌تر شده است. کاساپیس و همکارانش (۶) در بررسی اینترنتی ۴۲ مقاله مرتبط با ورزش و HS-CRP و دیگر شاخص‌های التهابی از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۴ را بررسی کردند. از بین آنها تنها ۵ مقاله اثر درازمدت ورزش بر التهاب را بررسی و تأثیرات ضدالتهابی ورزش را نشان داده بودند. اگرچه

محققانی تأثیرات مثبت ورزش به ویژه هوازی را در کاهش شاخص‌های التهابی و در نتیجه حوادث قلبی - عروقی در گروه‌های سنی مختلف گزارش دادند (۱۳ و ۱۹) ولی با توجه به شرایط ویژه افراد سالمند، مشخص نیست که چند جلسه تمرین در هفته می‌تواند تأثیرات سودمندی را در این گروه‌های سنی به‌دنبال داشته باشد. به علاوه بیش‌تر پژوهش‌های ورزشی در موضوع HS-CRP روی آزمودنی‌های انسانی انجام شده که شاید به دلیل عدم کنترل عوامل مختلف اثرگذار در این شاخص در برخی موارد نتایج ضد و نقیضی نیز گزارش شده است (۱۵، ۲۲ و ۳۲). این گونه‌های حیوانی به لحاظ فیزیولوژیکی بسیار به پستانداران شباهت دارند (۳۶). به علاوه به لحاظ هزینه‌های نگهداری ارزان و جثه کوچک می‌توان تعداد بیش‌تری از آزمودنی‌ها را در تحقیقات مورد استفاده قرار داد. از این‌رو اغلب در تحقیقات بنیادی توسط محققان پزشکی و ورزشی مورد استفاده قرار می‌گیرند. باتوجه به این که از دیرباز آثار احتمالی ناشی از تمرین تداومی هوازی با جلسات مختلف هفتگی بر این شاخص‌ها موضوع مورد علاقه پژوهشگران بوده و تاکنون پاسخی به آن داده نشده است، از این‌رو پژوهش حاضر درصدد است تا اولاً مشخص کند که ۱۲ هفته تمرین تداومی ۳ یا ۵ جلسه در هفته چه تأثیری بر HS-CRP (حساس‌ترین شاخص التهابی پیشگویی‌کننده بیماری قلبی - عروقی) در موش‌های صحرایی ماده چاق مسن دارد؛ ثانیاً آیا تفاوتی در اثربخشی تعداد جلسات تمرینی کنترل‌شده بر این شاخص التهابی وجود دارد؟ بدون شک انجام پژوهش‌های علمی کنترل شده به منظور تجویز تمرینات به افراد جامعه نقش زیادی در پیشگیری از بسیاری از معضلات اجتماعی و کاهش هزینه‌های درمانی خواهد داشت.

## روش تحقیق

### الف) آزمودنی‌ها

در پژوهش حاضر ۵۶ موش صحرایی ماده ۲۱ ماهه از سویه<sup>۱</sup> ویستار با ژنوم ۱۴۸۴۸ از مرکز پرورش و تکثیر حیوانات آزمایشگاهی انستیتو پاستور ایران تهیه شد. این حیوانات پس از انتقال به محیط پژوهش و آشنایی با

محیط جدید و نحوه فعالیت روی نوارگردان، به طور تصادفی به گروه کنترل و دو گروه تمرینی تداومی ۳ جلسه و ۵ جلسه در هفته تقسیم شدند (جدول ۱).

### ب) آشنایی با نوارگردان

از آنجا که انتقال حیوانات موجب استرس و در نتیجه تغییر شرایط فیزیولوژیکی در آنها می شود (۳۶)، از این رو پس از انتقال حیوانات از مرکز انستیتو پاستور ایران به محیط پژوهش به مدت ۲ هفته در شرایط جدید نگهداری شدند. در هفته دوم، حیوانات با نحوه فعالیت روی نوارگردان آشنا شدند. 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 بود (۲۶). برای تحریک دویدن، شوک الکتریکی ملایمی در عقب دستگاه تعبیه شد. برای جلوگیری از آثار احتمالی شوک الکتریکی بر نتایج پژوهش، در مرحله آشناسازی حیوانات با فعالیت روی نوارگردان، از طریق شرطی سازی با صدا به حیوانات آموزش داده شد تا از نزدیک شدن و استراحت در بخش انتهایی دستگاه خودداری کنند (۳۶).

### ج) تغذیه آزمودنی ها

به طور معمول موش های صحرایی با غذاهای تولیدی مرکز خوراک دام به صورت پلت<sup>۱</sup> که حاوی ترکیب مشخصی از انواع مواد مغذی مورد نیاز حیوان است، تغذیه می شوند. غذای آزمودنی های این پژوهش، تولیدی شرکت خوراک دام پارس بود که براساس وزن کشتی هفتگی با ترازوی استاندارد ویژه و با توجه به جیره طبیعی ۱۰ گرم به ازای هر ۱۰۰ گرم وزن بدن در روز (۳۶) در هر قفس قرار داده می شد. در تمام مراحل پژوهش، آب مورد نیاز هر حیوان به صورت آزاد در بطری ویژه حیوانات آزمایشگاهی در اختیار آنها قرار داده شد.

## هـ) محیط پژوهش

حیوانات مورد آزمایش در این پژوهش در یک دوره دوهفته‌ای به منظور آشنایی با محیط جدید و نوارگردان و همچنین اجرای پروتکل تمرینی و دوره بی‌تمرینی، به صورت انفرادی در قفس‌های پلی‌کربنات شفاف ۱۵×۱۵×۲۰ سانتیمتر ساخت شرکت رازی راد و در محیطی با دمای  $22 \pm 2$  درجه سانتیگراد و چرخه روشنایی به تاریکی ۱۲:۱۲ ساعت و رطوبت  $50 \pm 5$  درصد نگهداری شدند. براساس اطلاعات مستند از نزدیک‌ترین ایستگاه تعیین آلودگی سازمان هواشناسی کشور، وضعیت آلاینده‌های هوا با توجه به شاخص استاندارد آلاینده‌ها<sup>۱</sup> (PSI) در وضعیت سالم قرار داشت. همچنین برای تهویه و جریان مناسب هوا از دو دستگاه کولر آبی و دو دستگاه تهویه بدون صدا استفاده شد. برای ایجاد رطوبت مناسب نیز دستگاه بخور تعبیه شد.

جدول ۱ - حجم نمونه و میانگین و انحراف معیار مشخصات گروه‌های اصلی و زیرگروه‌های مربوطه

مجموع	تعداد (سر)	سن هنگام خونگیری	وزن (گرم)	مشخصات	گروه
				زیر گروه	
		/	/ ± /	*	
			/ ± /		
		/	/ ± /		
			/ ± /		
		/	/ ± /		
			/ ± /		
		/	/ ± /		

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

### و) اجرای پروتکل تمرینی

آزمودنی‌های این پژوهش به مدت ۱۲ هفته با توجه به تعداد جلسات تمرین در هفته به دو زیرگروه تقسیم شدند. تعداد جلسات تمرینی گروه اول هفته‌ای ۵ جلسه و گروه دوم هفته‌ای ۳ جلسه بود که با شدت و مدت پیش‌برنده و با رعایت اصل اضافه بار اجرا شد. به‌طور خلاصه، سرعت برنامه تمرینی در هر دو گروه در هفته‌های اول و دوم از ۱۲ متر در دقیقه آغاز شد. از هفته سوم تا دوازدهم، سرعت تمرین هفته‌ای ۱ متر در دقیقه افزایش یافت. مدت تمرین در گروه ۵ جلسه‌ای، از هفته اول تا دهم روزانه طوری افزایش یافت که در آن مدت فعالیت از ۱۰ دقیقه در روز اول هفته نخست تمرینی به ۸۰ دقیقه در شروع هفته یازدهم رسید و سپس در این حد ثابت باقی ماند. مدت تمرین در گروه ۳ جلسه‌ای به‌صورت منظم روزانه ۳ دقیقه افزایش یافت و از ۱۶ دقیقه در روز اول به ۱۲۲ دقیقه در آخرین جلسه رسید. برای گرم کردن، آزمودنی‌ها در ابتدای هر جلسه تمرینی به مدت ۳ دقیقه با سرعت ۷ متر در دقیقه می‌دویدند. سپس برای رسیدن به سرعت موردنظر به ازای هر دقیقه، دو متر در دقیقه به سرعت نوارگردان افزوده می‌شد. برای سرد کردن بدن در انتهای هر جلسه تمرینی نیز سرعت نوارگردان به‌طور معکوس کاهش می‌یافت تا به سرعت اولیه برسد. کل برنامه تمرینی روی نوارگردان بدون شیب انجام شد. این برنامه تمرینی با توجه به هزینه اکسیژن طراحی شده است (۲۶) و کل مسافت تمرینی و هم‌چنین مسافت گرم و سرد کردن بدن برای گروه‌های ۳ و ۵ جلسه‌ای به ترتیب ۷۱۰۷۹ و ۷۴۰۱۰ متر به‌دست آمد.

### ز) خونگیری و آنالیز آزمایشگاهی

خونگیری در سه مرحله پیش‌آزمون و به‌دنبال شش و دوازده هفته تمرین انجام شد. همه گروه‌ها به‌دنبال ۱۲ تا ۱۴ ساعت ناشتایی و در شرایط پایه (۲۴ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین) با اتر بیهوش و کشته شدند و خونگیری توسط متخصص و جراح حیوانات انجام شد. سپس خون لخته شده سانتریفوژ و برای آنالیز شیمیایی، سرم از آن جدا شد. HS-CRP با روش Enhanced latex – particle Immuo-turbidimetric assay

با دستگاه تحلیلگر خودکار Hitachi912 سنجیده شد (۱۵). کلسترول لیپوپروتئین پرچگالی<sup>۱</sup> (HDL-c) و کلسترول لیپوپروتئین کم چگالی<sup>۲</sup> (LDL-c) نیز به روش آنزیماتیک اندازه گیری شد (۲۷).

### ی) روش های آماری

برای دسته بندی داده ها از آمار توصیفی استفاده شد. آزمون کولموگروف - اسمیرنوف نیز برای تعیین نحوه توزیع داده ها به کار رفت. با توجه به این که نتایج این آزمون طبیعی بودن توزیع داده ها را نشان داد، از آزمون های پارامتریک استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل یافته ها در هر گروه از آزمون اندازه گیری های مکرر استفاده شد. از آزمون تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) نیز به منظور مطالعه یافته های بین گروهی حاصل از نتایج آزمایش استفاده شد. در صورت مشاهده تفاوت معنادار آماری در نتایج، آزمون های تعقیبی (LSD) و شفه (Post Hoc) نیز به ترتیب برای تعیین این که میانگین کدام مرحله یا گروه دارای تفاوت معنادار است، استفاده شد. در این اندازه گیری ها، اختلاف معنادار آماری در سطح  $P \leq 0.05$  تعیین شد.

### نتایج و یافته های تحقیق

جدول ۲ میانگین و انحراف معیار HS-CRP، HDL-c و LDL-c گروه های کنترل، تداومی ۳ و ۵ جلسه ای در هفته را در مراحل مختلف تحقیق نشان می دهد. داده های جدول ۲ نشان می دهد که مقادیر HS-CRP گروه کنترل در میان آزمون و پس آزمون افزایش معناداری داشته است (ارزش p به ترتیب ۰/۰۰۶ و ۰/۰۰). همچنین مقادیر HS-CRP گروه تداومی ۵ و ۳ جلسه تمرین در هفته، در میان آزمون کاهش داشته که این مقدار کاهش به لحاظ آماری معنی دار نبود (ارزش P به ترتیب ۰/۰۸ و ۰/۴۰۷). از سوی دیگر، با ادامه تمرین و پس از ۱۲ هفته تمرین، کاهش معناداری در مقدار HS-CRP گروه های تداومی ۵ و ۳ جلسه تمرین در هفته مشاهده شد (مقدار به ترتیب ۰/۰۰ و ۰/۰۱۳). بررسی بین گروهی مقادیر HS-CRP نیز حاکی از نبود

1 - High density lipoprotein – cholesterol

2 - Low density lipoprotein - cholesterol

اختلاف معنادار بین گروه‌های تمرینی ۳ و ۵ جلسه‌ای به‌دنبال ۶ و ۱۲ هفته تمرین است (مقدار  $p$  به ترتیب برابر است با ۰/۹۹۸ و ۰/۲۱۳). به علاوه تفاوت آماری قابل توجهی بین گروه‌های کنترل و تمرین ۳ جلسه‌ای به‌دنبال ۶ هفته تمرین مشاهده نشد ( $p = ۰/۰۸۳$ ). همان‌گونه که در جدول ۳، در تمام موارد دیگر، تفاوت معناداری بین گروه کنترل و گروه‌های تمرینی مشاهده شد (نمودار ۱). تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی متغیرهای وابسته به تحقیق (HDL-C, LDL-C) نیز به ترتیب در جدول‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است.

جدول ۲ - تغییرات HS-CRP و متغیرهای وابسته به تحقیق (LDL-C, HDL-C) در مراحل مختلف

M± SD	M± SD	M± SD	
* / ± /	* / ± /	/ ± /	HS-CRP
* / ± /	/ ± /	/ ± /	)
* / ± /	/ ± /	/ ± /	(
* / ± /	* / ± /	/ ± /	HDL-C
* / ± /	* / ± /	/ ± /	)
* / ± /	* / ± /	/ ± /	(
* / ± /	/ ± /	/ ± /	LDL-C
* / ± /	* / ± /	/ ± /	)
* / ± /	/ ± /	/ ± /	(

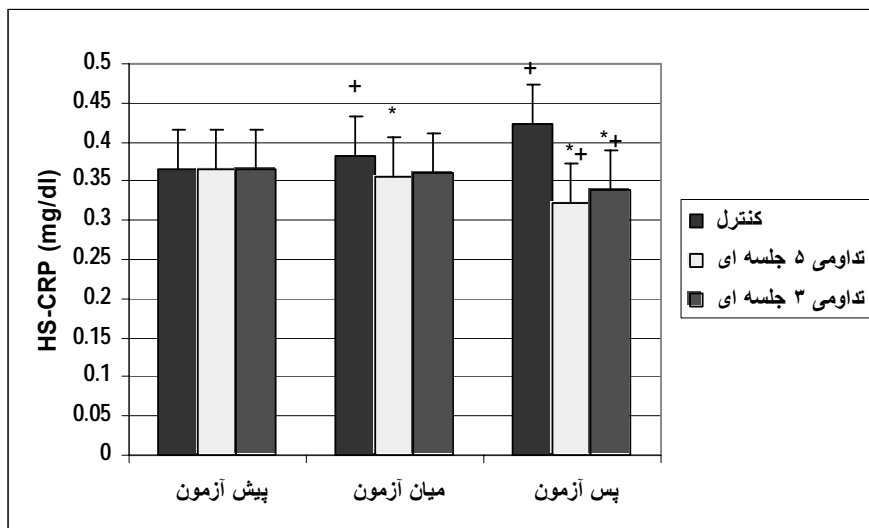
\* نشانهٔ اختلاف معنی‌دار درون‌گروهی است.



جدول ۳- آزمون شفه ویژه *HS-CRP* و متغیرهای وابسته به تحقیق (*LDL-c*, *HDL-c*) به دنبال ۶ و ۱۲ هفته تمرین

( )			( )				
P			P				
/	/	* /	/	/	* /	-	HS-CRP ( )
/	/	/	/	/	/	-	
/	/	/	/	/	/	-	
/	/	* /	/	/	* /	-	HDL-C ( )
/	/	* /	/	/	/	-	
/	/	/	/	/	/	-	
/	/	* /	/	/	* /	-	LDL-C ( )
/	/	*	/	/	* /	-	
/	/	* /	/	/	/	-	

\* نشانه اختلاف معنی دار بین گروهی است.



شکل ۱. تغییرات HS-CRP گروه‌های مختلف تحقیق در مراحل متفاوت (\* نشانه اختلاف معنادار نسبت به گروه کنترل، + نشانه اختلاف معنادار نسبت به مرحله قبل)

## بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش‌ها نشان داده‌اند مردم کشورهای که زندگی توأم با فعالیت جسمانی و تفریحات سالم فعال دارند، کم‌تر به ناراحتی‌های قلبی مبتلا می‌شوند (۱). در این پژوهش، تأثیر ۱۲ هفته تمرین تناوبی ۳ و ۵ جلسه در هفته، بر شاخص التهابی HS-CRP در موش‌های ماده مسن ویستار با ژنوم ۱۴۸۴۸ که دست کم ۳ ماه از اتمام دوران بارداری آنها گذشته بود، مطالعه شد. نتایج نشان داد که مقادیر HS-CRP گروه غیرفعال (کنترل) در مراحل متفاوت پیش‌آزمون، میان‌آزمون و پس‌آزمون به تدریج افزایش معناداری داشته است. در صورتی که مقادیر HS-CRP هر دو گروه تمرینی در ۶ هفته نخست کاهش غیرمعنادار داشته و با تداوم تمرین‌ها تا هفته دوازدهم، کاهش معنادار مقادیر HS-CRP مشاهده شد که این مسئله ممکن است اثر بخشی طول دوره تمرین را بر HS-CRP نشان دهد. این یافته‌ها گزارش‌های قبلی را مبنی بر کاهش شاخص‌های التهابی در اثر

فعالیت‌های منظم بدنی تأیید می‌کند (۴، ۱۲، ۱۹ و ۳۳). پژوهش لاکا و همکارانش (۱۹) نیز مؤید این موضوع است. این پژوهشگران، مقادیر HS-CRP سرمی ۶۵۲ مرد و زن سفید و سیاهپوست بی‌تحرك را پس از اجرای ۲۰ هفته (هفته‌ای ۳ جلسه) برنامه‌ی تمرینی استاندارد روی دوچرخه‌ی کارسنج بررسی کردند. نتایج نشان داد که سطح HS-CRP سرمی ۱۶۲ نفر از افرادی که مقدار CRP اولیه‌ی آنها بالا بود (بیش‌تر از ۳ میلی‌گرم بر لیتر)، پس از تمرینات ۱/۳۴ میلی‌گرم بر لیتر کاهش داشت. یافته‌های حاصل از این پژوهش تا حدی اثربخشی فعالیت بدنی منظم بر کاهش التهاب و در نتیجه پیشگیری و درمان بیماری‌های قلبی خاطر نشان می‌سازد.

نتایج بررسی‌های انجام‌شده حاکی از وجود ارتباط معکوس بین آمادگی قلبی - تنفسی و مقادیر HS-CRP است (۴ و ۲۰). همافمن و همکارانش (۱۳) کاهش بارز مقادیر پایه‌ی HS-CRP و دیگر شاخص‌های التهابی را در افراد آماده گزارش کرده‌اند. پژوهش‌های مقطعی و آینده‌نگر نیز کاهش مقادیر پایه‌ی HS-CRP را به دنبال فعالیت بدنی نشان داده‌اند (۱۹ و ۲۰). یافته‌های پژوهش حاضر مبنی بر مقادیر کم‌تر HS-CRP در گروه تمرینی نیز با پژوهش‌های یادشده همسوست. با وجود این، نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش مارکل و همکارانش (۲۴) و نیکلاس و همکارانش (۲۵) تفاوت دارد. این پژوهشگران، نبود ارتباط بین HS-CRP و فعالیت بدنی را در مطالعات اپیدمیولوژی گزارش کرده‌اند که این تناقض شاید ناشی از تفاوت‌های گروه مورد بررسی، روش ارزیابی یا طرح مطالعاتی باشد.

موضوع دیگر شدت تمرین است. اگرچه برخی محققان تأثیر شدت تمرین بر افزایش HS-CRP را گزارش کرده‌اند (۴ و ۲۰)، باید توجه داشت که سازش تدریجی با تمرینات ممکن است بر تعامل بین شدت تمرین و مقادیر HS-CRP اثر بگذارد. از این‌رو گزارش شده، مقادیر HS-CRP غیرورزشکاران بیش‌تر از ورزشکاران بوده است که این مسئله شاید ناشی از اثر تمرین و سازگاری با ورزش بر استرس و اثر مهاری ورزش بر HS-CRP باشد. 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 در حالی است که افزایش قابل توجهی در مقادیر HS-CRP در هر دو گروه تمرینی و کاهش معناداری در مقادیر LDL-C گروه تمرین ۵ جلسه‌ای به دنبال ۶ هفته تمرین مشاهده شد (جدول ۲). به علاوه اختلاف زیادی بین گروه‌های کنترل و به ویژه گروه تمرینی ۵ جلسه‌ای در متغیرهای HS-CRP، HDL-C و LDL-C مشاهده شد. شاید این

تغییرات غیرهمسوی ناشی از استرس تمرین و از سوی دیگر افزایش HDL-C و کاهش LDL-C موجب ایجاد تغییرات اندک مقادیر شاخص‌های مرتبط با التهاب در گروه‌های تمرینی نسبت به هم و همچنین در مقایسه با گروه کنترل شده است.

این که ورزش چگونه التهاب را کاهش می‌دهد و سطح CRP را سرکوب می‌کند، به خوبی مشخص نیست. فعالیت بدنی با چند شاخص که به‌طور مستقل با سطوح کم‌تر CRP مرتبط است، همراه است. برای مثال فعالیت بدنی به‌طور معکوسی با سن، مصرف سیگار، پرفشار خونی، BMI، نسبت لگن به کمر، مقادیر HDL-C و LDL-C و تری‌گلیسیرید مرتبط است. این عوامل به‌طور مستقیم با مقادیر CRP مرتبطاند (۶، ۷، ۸، ۱۴ و ۱۸). از این‌رو فعالیت بدنی شاید با چند سازوکار آثار محافظتی در مقابل بیماری قلبی و عروقی داشته باشد. فعالیت ورزشی با افزایش حجم خون و پلاسما، کاهش ویسکوزیته خون (۲۳)، افزایش حجم ضربه‌ای (۵) افزایش VO2max (۵، ۲۳ و ۲۹) و کاهش فشار خون در آزمودنی‌های مبتلا به فشار خونی (۱۹)، به‌طور مستقیم در دستگاه قلبی - عروقی تأثیر می‌گذارد. جفکن و همکارانش (۱۲) گزارش کرده‌اند که فعالیت ورزشی ممکن است موجب افزایش عروقی شدن در شریان‌های کرونری در مدل‌های حیوانی شود. از طرف دیگر، اجرای برنامه‌های تمرینی در بلندمدت موجب افزایش فیبرینولیزی در مقایسه با فعالیت ترومبوزی می‌شود (۱۲ و ۳۴). با وجود این، مقادیر کم‌تر التهاب ناشی از سازگاری با فعالیت ورزشی، شاید با آثار ضداکسایشی فعالیت ورزشی ارتباط داشته باشد. هرچند فعالیت ورزشی به‌طور حاد موجب افزایش سوخت و ساز اکسایشی و در نتیجه تحریک فشار اکسایشی می‌شود ولی شواهد به‌دست آمده از مدل‌های حیوانی نشان می‌دهند که فعالیت ورزشی و فعالیت بدنی در درازمدت، دفاع ضداکسایشی را تا حد زیادی از طریق در دسترس قرار دادن آنزیم‌های ضداکسایشی افزایش می‌دهد (۶، ۱۴ و ۲۱). به علاوه این اثر ضداکسایشی ورزش حساسیت‌پذیری LDL-C به اکسیداسیون را کاهش می‌دهد که به پیشگیری از آسیب بیش‌تر اندوتلیال و التهاب کمک می‌کند (۶).

ارتباط التهاب و چربی‌های خونی، موضوع دیگری است که به توجیه کاهش التهاب به‌دنبال فعالیت ورزشی کمک می‌کند. مشخص شده که ورزش با بهبود عملکرد اندوتلیال ممکن است موجب کاهش التهاب شود (۶). با توجه به اثر ضدالتهابی 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 موجب بهبود HS-CRP شده است. در چند

پژوهش نشان داده شده که فعالیت هوازی منظم، موجب کاهش چربی‌ها در انسان (۲۳ و ۳۳) و حیوانات (۹) شده است. از طرف دیگر، افزایش چربی به‌ویژه چربی‌های احشایی، موجب افزایش تولید سایتوکین‌های پیش‌التهابی به‌ویژه IL-6 و TNF از این بافت‌ها می‌شود (۴ و ۲۰). با افزایش تحریک سمپاتیکی نیز رهایش سایتوکین‌ها از بافت چربی افزایش می‌یابد (۲۰) و نشان داده شده که فعالیت ورزشی به کاهش تحریک سمپاتیکی منجر می‌شود (۴). در پژوهش حاضر نیز معلوم شد، تمرین موجب افزایش HDL-C و کاهش LDL-C در مراحل گوناگون تحقیق و هم‌چنین بین گروه کنترل در مقایسه با دو گروه تمرینی شده است. براساس یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان گفت که اگرچه تأثیر تمرینات ۵ جلسه‌ای در هفته بر شاخص‌های مرتبط بر التهاب بارزتر بوده است، ولی به‌نظر می‌رسد که با تداوم تمرینات در یک دوره طولانی نتیجه مشابهی حاصل خواهد شد. این یافته مهم بار دیگر لزوم حفظ تمرینات هرچند با تعداد جلسات کم‌تر در هفته برای دستیابی به تأثیرات مثبت ورزش را تأیید می‌کند. گواه این ادعا تحقیق ون نامیتی و همکارانش (۳۵) و فایهل و همکارانش (۲۹) روی افراد ورزشکار است و همان‌گونه که پیش‌تر نیز اشاره شد، مقادیر HS-CRP را در افراد ورزشکار پیشکسوتی که با ترک ورزش غیرفعال شده بودند، حتی بدتر از افراد گروه کنترل غیرورزشکار گزارش دادند. با توجه به ارتباط فعالیت بدنی با آمادگی قلبی - تنفسی و ارتباط این دو با توده چربی بدن و در نتیجه چربی‌های خونی (۹ و ۳۳) می‌توان گفت که شاید ۱۲ هفته تمرینات تداومی ۳ و ۵ جلسه‌ای در پژوهش حاضر موجب کاهش توده چربی بدن شده است.

به‌طور خلاصه، با توجه به فرضیه‌های التهابی آتروژنز و نقش ورزش در کاهش مقادیر چربی بدن و چاقی شکمی و در نتیجه مهار التهاب، می‌توان نتیجه گرفت که تمرینات ورزشی هوازی برای پیشگیری از بروز بیماری‌های قلبی - عروقی سودمند است. با توجه به نتایج حاصله می‌توان گفت اگرچه در مجموع اثربخشی تمرینات ۵ جلسه‌ای بیش‌تر از تمرینات ۳ جلسه‌ای در هفته است ولی برای مهار پاسخ التهابی، طول دوره تمرینی مهم‌تر از تعداد جلسات تمرینی در هفته است. به علاوه همواره باید حفظ و تداوم تمرینات در دوره طولانی را مد نظر قرار داد. این که تمرینات با شدت و مدت بیش‌تر ولی با تعداد جلسات تمرینی کم‌تر ممکن است نتیجه مشابهی را به‌دنبال داشته باشد، موضوعی است که باید بیش‌تر مورد توجه محققان آتی قرار گیرد.

## منابع و مأخذ

۱. لنور، ار، زومان. (۱۳۷۵). "نقش ورزش در کارایی قلب" ترجمه امیر سبکتکین، حجت الله نیکبخت، مشهد، آستان قدس رضوی، مؤسسه چاپ و انتشارات، فصل اول.
2. Abramson J. L. and vaccarino V. (2002). "Relationship between physical activity and inflammations among apparently healthy middle – aged older us adults": Arch. Intern. Med: 162 (11). PP: 1286-92.
3. Andreas Oberbach, and et al, (2006). "Effect of a 4 week physical training program on plasma concentrations of inflammatory markers in patients with abnormal glucose tolerance", Vol. 154, Issue 4, PP:577-85.
4. Horch T.S., C.E. Barlow, C.P. Earnest, J.B., Kampert, E.L. Priest, and Blair, (2002). "Associations between cardiorespiratory fitness and C-reactive protein in men": Arteriosclerosis, Thrombosis and vascular Biology, 22 (11). PP:1896-76.
5. Church TS, Earnest CP, skinner JS, Blair SN. (2007). "Effects of different doses of physical activity on cardiorespiratory fitness among sedentary, overweight or obese postmenopausal women with elevated blood pressure: a randomized controlled trial". 16; 297(19): PP:2081-91.
6. Chirtos Kasapis and Paul D. Thompson, (2005). "The Effects of physical cavity on Serum C-Reactive Protein and Inflammatory Markers: A Systematic Review"; J Am Coll Cardiol, 45: PP:1563-1569.
7. Corrado E, Rizzo M, Muratori I, Coppola G, Novo S, (2007). "Older age and markers of inflammation are strong predictors of clinical events in women with asymptomatic carotid lesions".
8. Davis J, Murphy M, Trinick T, Duly E, Nevill A, davison G, (2007). "Acute effects, of walking on inflammatory and cardiovascular risk in sedentary post – menopausal women"; J sports Sci: 17; PP:1-7.

9. Fiebig R.G., Hollander. J. M. and et al. (2002). "Training down – regulates fatty acid strength and blood fat in obese zucker rats": *Med. Sci. Spo. Exer*: 34 (7). PP:1160-1114.
10. Fairey AS, Courneya KS, Field CJ, Jones LW, Martin BS, (2005). "Effect of exercise training on C-reactive protein in postmenopausal breast cancer survivors: a randomized controlled". 19 (5): PP:381-8.
11. Goodarzi MT, Babaahmadi – Rezaei H, Kadkhodaei – Eliaderani M, Haddadinezhad S. (2007). "Relationship of serum adiponection with blood lipids, HbA (1)c, and hs – CRP in type II diabetic postmenopausal women". 21 (3): PP:197-200.
12. Geffken D.F., M. Cushman and et al. (2001). "Association between physical activity and Markers of in flammation in a healthy elderly population". *American J. of epidemiology*. 153 (3). PP:242-50.
13. Huffman KM, Samsa GP, slentz CA, Duscha BD, Johnson JL, Bales CW, Tanner CJ, Houmard JA, Kraus WE. (2006). "Response of high – sensitivity C-reactive protein to exercise training in an at – risk population". 152 (4): PP:793-800.
14. Il'yasova D, Ivanova A, Morrow JD, Cesari M, pahor M. (2007). "Correlation between two markers of inflammation, serum C-reactive protein and interleukin 6, and indices of oxidative stress in patients with high risk of cardiovascular disease". *Biomarkers*: 11; PP:1-11.
15. Jayachandran M., Okano H, and et al, (2004). "Sex – specific changes in platelet aggregandran and secretion with sexuel maturity in pigs": *J. Appl. Physiol*: 97. PP:1445-52.
16. Jessica L., Clarke and et al, (2005). "Coparsion of differing C – reactive protein assay methods and their impact on cardiovascular risk assessment". *The American Journal of Cardiology*.95(1).PP:155-58.

17. Kim BJ, Yu YM, Kim EN, Chung YE, Koh JM, Kim GS. (2007). "Relationship between serum hsCRP concentration and biochemical bone turnover markers in healthy pre – and postmenopausal women"; 67 (1): PP:152-8.

18. Kullo IJ, Khaleghi M, Hensrud DD. (2007). "Markers of inflammation are inversely associated with VO2 max in asymptomatic men"; J Appl Physiol; 102 (4): PP: 1374-9.

19. Lakka TA, Lakka HM, Rankinen T, Leon AS, Rao DC, Skinner JS, Wilmore JH, Bouchard C. (2005). "Effect of exercise training on plasma levels of C-reactive protein in healthy adults: the Heritage family study"; 26 (19): PP:2018-25.

20. Lamonte M.J., J. Larry Durstine and et al, (2002). "Cardiorespiratory fitness and C-reactive protein among a Tri – ethnic sample of woman". Circulation, 106. PP:403-406.

21. Lennon S.L. Quindry J. and et al, (2004). "Loss of exercise – induced cardioprotection after cessation of exercise": J. Appl. Physiol: 96. PP:1299-1305.

22. Meng Y., Zhang M., and et al, (2005). "Effect of resveratrol on microcirculation disorder and lung in following severe acute pancreatitis in rats": World J. Gastroenterol: 11 (3). PP:433-35.

23. Mackness B, Hine D, McElduff P, Mackness M. (2006). "High C-reactive protein and low paraoxonase in diabetes as risk factors for coronary heart disease": 186 (2): PP:396-401.

24. Marcell TJ, McAuley KA, Traustadottir T and Reaven PD. (2005). "Exercise training is not associated with improved levels of C-reactive protein or adiponectin". Metabolism. 54:533-541.

25. Nicklas BJ, Ambrosius W, and et al, (2004). "Diet – induced weight loss, exercise and chronic inflammation in older, obese adults: a randomized controlled clinical trial". American Journal of Clinical Nutrition 79:544-51.



26. Natio H.S.K. Pwers H.A.D. and Aoki J. (2001). "Exercise Training increase heat shock protein in skeletal muscles of Old rats": *Med. Sci. Spo. Exer.* 33 (5). PP:729-34.

27. Niskanen Leo, E David. Laaksonen, Kristiina Nyysönen, Kari Punnonen, Tomi – Pekka Tuomainen and T Jukka. Salonen, (2005). "C-reactive protein in the prediction of cardiovascular and overall mortality in middle – age men: a population – based cohort study". Vol. 26, No. 17, PP: 1783-1789.

28. Pearson. Alexander and et al. (2003). "Markers of inflammation and cardiovascular disease". *Circulation.* 107(3)PP: 499-511.

29. Pihl, Zlimer 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.PP:321-26.

30. Paul D. Thompson, MD, FACC, (2005). "The effects of physical activity on serum C-reactive protein and inflammatory markers". *J Am coll cardiol*; 45: 1563-1569, doi: 10.1016/j.jacc

31. Person TA, Mensah GA, alexadner RW, et al, (2003). "Markers of inflammation and cardiovascular disease: application to clinical and public health practice: a statement for healthcare professionals from the centers for disease control and prevention and the American heart association". *Circulation*; 107: PP: 499-511.

32. Turk J.R. Carroll J.A. and et al, (2003). "C-reactive perotein correlates with macrophage accumulation in coronary arteries of hypercholesterolemic pigs": *J. Appl. Physiol*: 95 (3). PP: 1301-4.

33. Tchernof, sites and et al, (2003). "Weight loss reduces C – reactive protein levels in obese postmenopausal women": *Circulation.* 105(5); P: 564.

34. Womack c. J. Ivey f.m. and et al. (2001). "Fibrinolytic response to acute exercise in patients with peripheral arterial disease": *Med. Sci. Spo. Exer.* 33 (2). PP: 214-19.

- 
35. Wannamethee, S.G., D.O.L. Gordon and et al, (2002). "Physical activity and hemostatic and inflammatory variables in elderly Men". *Circulation*. 105 (15). PP: 1785-90.
36. 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.