

تأثیر شش هفته تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) بر عوامل التهابی حاد (hs-CRP و فیبرینوژن) در مردان جوان غیر فعال

❖ محمد همتی نفر؛ دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه تهران*
❖❖ دکتر محمد رضا کردی؛ دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه تهران
❖❖❖ دکتر سیروس چوپینه؛ استادیار فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه تهران
❖❖❖ ثروت چوپانی؛ کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه تهران

چکیده:

هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر شش هفته تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) بر مقادیر استراحتی hs-CRP و فیبرینوژن مردان جوان غیر فعال بود. به این منظور، هجده مرد جوان غیر فعال به صورت داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند و به طور تصادفی به دو گروه تجربی ($n=9$ ، سن $24/33 \pm 1/41$ سال، قد $176/22 \pm 4/91$ سانتی متر، وزن $72/27 \pm 6/59$ کیلوگرم و درصد چربی $10/52 \pm 2/12$) و کنترل ($n=9$ ، سن $23/27 \pm 2/01$ سال، قد $180/22 \pm 6/88$ سانتی متر، وزن $76/27 \pm 7/23$ کیلوگرم و درصد چربی $12/34 \pm 3/19$) تقسیم شدند. گروه تجربی به مدت شش هفته و سه جلسه در هفته پروتکل تمرینی HIIT را اجرا کردند که هر جلسه شامل چهار تا شش تکرار سی ثانیه‌ای دویدن با حداکثر سرعت در ناحیه‌ای بیست متری با سی ثانیه باز یافت بود. نمونه‌های خونی یک روز قبل و ۴۸ ساعت بعد از اجرای پروتکل تمرینی، به صورت ناشتا برای انجام تجزیه و تحلیل‌های آزمایشگاهی جمع‌آوری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون آماری t مستقل انجام شد و نتایج نشان داد شش هفته اجرای HIIT موجب کاهش ۴/۰۶ درصدی فیبرینوژن پلاسما و افزایش ۱۶/۶۶ درصدی hs-CRP سرمی شد، اگرچه این تغییرات نسبت به گروه کنترل معنادار نبود ($P=0/495$ و $P=0/905$). همچنین، نتایج پژوهش حاضر، افزایش معنادار ۸ درصدی VO_{2max} ، حجم پلاسما و کاهش معنادار ۱۵/۶۸ درصدی چربی بدن را در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل نشان داد. در نتیجه، به نظر می‌رسد اجرای HIIT از نظر تأثیر زمانی عاملی کارآمد در کاهش درصد چربی بدن و افزایش آمادگی هوازی باشد که با تغییرات اندک در مقادیر پروتئین‌های التهابی مرحله حاد همراه است.

واژگان کلیدی: پروتئین واکنش دهنده C، تمرینات تناوبی با شدت بالا، فیبرینوژن.

مقدمه

ارتباط فعالیت بدنی و سلامت، سابقه طولانی دارد. زندگی کم‌تحرک به کاهش چشمگیر فعالیت بدنی و عملکرد منجر می‌شود که خطر ابتلا به بیماری‌ها را افزایش می‌دهد. در افراد غیرفعال، چاقی و افزایش وزن ارتباط قوی با گسترش بیماری‌های مزمن دارد، از جمله پرفشاری خونی، چربی‌های خون و مقاومت به انسولین، که جملگی عوامل خطرزای بیماری‌های قلبی - عروقی به شمار می‌روند (۵، ۶). در مقایسه با زنان، مردان خیلی بیشتر به بیماری قلبی - عروقی مبتلا می‌شوند، و این بیماری دلیل اصلی مرگ مردان و زنان است (۴).

در همین راستا انجمن قلب آمریکا (AHA) با توجه به مطالعات گسترده اعلام کرد بیماری‌های قلبی - عروقی زمینه‌تلهابی دارد و التهاب عمومی، نقش محوری در پیشرفت آترواسکلروز دارد (۸). برخی شاخص‌های التهابی و پیشگوی بیماری‌های قلبی - عروقی عبارت‌اند از فیبرینوژن، سایتوکاین‌ها، آمیلوئید A سرم، و پروتئین واکنش دهنده C^۲ (hs-CRP) (۳، ۸). از این‌رو، مطالعه عوامل اثر گذار از جمله انجام فعالیت بدنی در پیشگیری و درمان این حوادث مفید خواهد بود.

در حقیقت، فعالیت بدنی و تمرینات ورزشی بخش وسیعی از زندگی انسان را برای پیشگیری از بیماری‌های قلبی - عروقی شکل داده است و پژوهشگران زیادی به مطالعه ارتباط بین فعالیت بدنی با مقادیر CRP و فیبرینوژن در زنان و مردان پرداخته‌اند. اکثر مطالعات رابطه معکوس

مهمی را بین میزان آمادگی قلبی - تنفسی با سطوح CRP و فیبرینوژن گزارش کرده‌اند (۱، ۷). از طرف دیگر، بیشتر پژوهش‌های اشاره شده از تمرینات استقامتی یا یک جلسه فعالیت ورزشی و امانده‌ساز به‌عنوان مداخله تمرینی استفاده کرده‌اند.

با وجود فواید سلامتی بالقوه زیاد تمرینات استقامتی سنتی، بسیاری از بزرگسالان به علت نداشتن زمان کافی به عنوان یک مانع مهم در این تمرینات شرکت نمی‌کنند. بنابراین، مطالعه یک برنامه فعالیت ورزشی جایگزین با سازگاری‌های سوخت و سازی مشابه و بدون تعهد زمانی قابل ملاحظه مورد نیاز است.

یکی از پروتکل‌های فعالیت ورزشی که اخیراً مورد توجه پژوهشگران فیزیولوژی ورزشی قرار گرفته است، تمرینات تناوبی با شدت بالا^۳ (HIIT) می‌باشد. HIIT شامل تناوب‌های فعالیت ورزشی با شدت بسیار زیاد و وهله‌های استراحتی فعال با شدت بسیار پایین می‌باشد (۲۳). مطالعات قبلی نشان دادند که اجرای شش هفته HIIT در مقایسه با تمرین استقامتی سنتی در بزرگسالان منجر به سازگاری‌های سوخت و سازی مشابهی شده است (۱۰). همچنین، تحقیقات پیشین گزارش کرده‌اند، اجرای HIIT ظرفیت اکسایش چربی، فعالیت آنزیم‌های میتوکندریایی و در نتیجه -VO_{2max} را افزایش می‌دهد (۲۲). اخیراً نیز گزارش شده است که فعالیت‌های ورزشی حالت پایدار با مدت سی دقیقه و شدت متوسط در بیشتر روزهای هفته منجر به عدم کاهش یا کاهش کمتر چربی

1. American Heart Association
2. high-sensitivity C-Reactive Protein
3. High Intensity Interval Training

تناوبی با شدت بالا را انجام ندادند. دو هفته قبل از شروع تمرینات، ارزیابی‌های اولیه شامل تعیین قد، وزن، چربی بدن و شاخص توده بدنی انجام شد. برای اندازه‌گیری وزن از ترازوی استاندارد پزشکی SECA، ساخت کشور آلمان استفاده شد و آزمودنی‌ها با لباس سبک روی ترازو ایستاده و وزن آنها به کیلوگرم ثبت شد. برای اندازه‌گیری قد، آزمودنی‌ها بدون کفش و با قامتی کاملاً کشیده پشت به دیوار ایستادند، به‌صورتی که پاشنه، باسن، و شانه کاملاً چسبیده به دیوار و دید مستقیم رو به جلو بود، قدشان با استفاده از قدسنج به سانتی‌متر اندازه‌گیری و ثبت شد. BMI از تقسیم وزن (بر حسب کیلوگرم) به توان دوم قد (بر حسب متر) محاسبه شد، و برای اندازه‌گیری درصد چربی بدن از کالیپر هارپندن و از روش سه نقطه‌ای (سینه، شکم و ران) و معادله جکسون - پولاک استفاده شد (۲). از آزمون نوارگردان بروس جهت برآورد VO_{\max} آزمودنی‌ها قبل و بعد از شش هفته اجرای برنامه تمرینی استفاده شد.

آزمودنی‌های گروه تجربی در یک مسافت ۲۰ متری که با سه مخروط مشخص شده بود پروتکل تمرینی را به مدت شش هفته و هر هفته سه جلسه به شرح زیر اجرا کردند (شکل ۱). با شروع پروتکل تمرینی، آزمودنی‌ها با حداکثر سرعت از نقطه شروع (مخروط ۱) به طرف مخروط ۲ دویدند (مسیر A)، سپس برگشتند و در جهت مخالف بیست متر به طرف مخروط ۳ با حداکثر سرعت دویدند (مسیر B) و در نهایت مجدداً برگشتند و به سمت نقطه شروع (مخروط ۱) با حد اکثر سرعت دویدند (مسیر C) تا مسافت

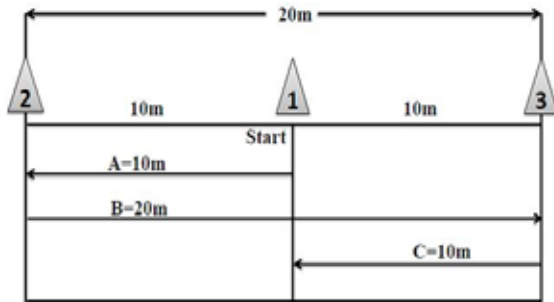
نسبت به اجرای HIIT می‌شوند، که نشان دهنده قابلیت بالای اجرای HIIT برای افزایش اکسایش چربی و کاهش بافت چربی می‌باشد (۱۱، ۲۳).

با توجه به ارتباط بین کاهش میزان بافت چربی و افزایش VO_{\max} با کاهش عوامل التهابی حاد، همچنین تأثیر مثبت اجرای HIIT بر کاهش چربی بدن، افزایش VO_{\max} و اندک بودن پژوهش‌های مشابه در این زمینه، بررسی تغییرات مقادیر عوامل التهابی حاد بر اثر اجرای HIIT ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر تعیین تأثیر شش هفته اجرای HIIT بر مقادیر استراحتی hs-CRP و فیبرینوژن در مردان جوان غیرفعال بود.

روش‌شناسی

این پژوهش به روش نیمه تجربی است. جامعه آماری این پژوهش را دانشجویان مرد سالم غیرفعال ساکن کوی دانشگاه با دامنه سنی ۲۱ تا ۲۶ سال تشکیل دادند که از بین آنها هجده نفر به عنوان نمونه آماری تصادفی در دسترس به‌صورت داوطلبانه در پژوهش حاضر شرکت کردند. ابتدا اطلاعات و آگاهی‌های لازم درباره چگونگی انجام پژوهش و مراحل آن به آزمودنی‌ها داده شد. سپس به وسیله پرسشنامه اطلاعاتی راجع به میزان فعالیت بدنی و سلامتی آزمودنی‌ها بدست آمد و در نهایت رضایت خود را به صورت کتبی برای حضور در برنامه اعلام نمودند. در ادامه آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی به دو گروه تجربی ($n=9$) و کنترل ($n=9$) تقسیم شدند.

هیچ یک از آزمودنی‌ها حداقل در شش ماه گذشته فعالیت ورزشی منظم از جمله تمرینات



شکل ۱. طرحواره پروتکل HIIT

آزمودنی به صورت جداگانه محاسبه شد. ۲۴ ساعت قبل از اولین جلسه تمرینی و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه، از ورید پیش بازویی (آنتی کیوبیتال) تمامی آزمودنی‌های دو گروه در حالت ناشتا (ساعت ۸:۳۰ صبح)، به میزان ۱۰ سی سی نمونه‌گیری خونی به عمل آمد. نمونه‌های خونی بلافاصله در لوله‌های حاوی ماده ضد انعقاد EDTA ریخته شد. سپس با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ده دقیقه در دمای چهار درجه سانتی گراد، سانتریفیوژ شدند. پلاسمای به دست آمده برای اندازه‌گیری‌های بعدی در دمای ۸۰- درجه سانتی گراد، ذخیره شد.

برای اندازه‌گیری فیبریноژن به روش انعقادی، ۱/۸ میلی‌لیتر خون بر روی ۰/۲ میلی‌لیتر تری سدیم سیترات ۰/۱۰۹ مولار (۳/۸٪) ریخته شد (نسبت ۱ به ۹ بین ضد انعقاد و خون). در نهایت مقادیر کمی فیبرینوژن با استفاده از کیت مخصوص شرکت مهسا یاران و به روش انعقادی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری hs-CRP سرمی از کیت مخصوص شرکت پارس آزمون با حساسیت ۰/۱ تا ۲۰ میلی

چهل متر کامل شود. آزمودنی‌ها این روند را با حداکثر سرعت ادامه می‌دادند تا دوره زمانی سی ثانیه پروتکل تمرینی به اتمام رسید و پس از سی ثانیه استراحت، پروتکل تمرین را تکرار کردند. نحوه پیشرفت تمرینی با تعداد تکرارهای سی ثانیه‌ای از چهار نوبت در هفته اول و دوم به پنج نوبت در هفته سوم و چهارم و شش نوبت در هفته پنجم و ششم انجام شد. قبل از شروع پروتکل تمرینی در هر جلسه آزمودنی‌ها به مدت پنج دقیقه برنامه گرم کردن و در پایان هر جلسه تمرینی نیز به مدت پنج دقیقه برنامه سرد کردن داشتند. پروتکل تمرینی برگرفته از آزمون رفت و برگشت چهل متر با حداکثر سرعت بود، که یک آزمون معتبر برای ارزیابی عملکرد بی‌هوازی است (۱۶). در مدت شش هفته اجرای پروتکل تمرینی، آزمودنی‌های گروه کنترل، هیچ گونه فعالیت منظم ورزشی نداشتند. برای تعیین شدت این تمرینات از ضربان قلب حداکثر (سن - ۲۲۰ = HRmax) استفاده شد، و در تمام مراحل اجرای HIIT شدت تمرین بالای ۹۰ درصد HRmax بود که برای هر

1. Clauss

گرم در لیتر به روش ایمونوتوربیدومتری استفاده شد. برای تعیین تغییرات حجم پلاسما، از معادله دیل و کاستیل استفاده شد (۱۲).

$$\% \Delta p v = \left\{ \left(\frac{H B_{1}}{H B_{2}} \times \frac{100 - H T C_{2}}{100 - H T C_{1}} \right) - 1 \right\} \times 100$$

$\% \Delta p v$ تغییرات حجم پلاسما، $H B_{1}$: هموگلوبین پیش‌آزمون، $H B_{2}$: هموگلوبین پس‌آزمون، $H T C_{1}$: هماتوکریت پیش‌آزمون، و $H T C_{2}$: هماتوکریت پس‌آزمون.

داده‌های آماری جمع‌آوری شده به کمک نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۸ تجزیه و تحلیل شد. برای تعیین طبیعی بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. باتوجه به اینکه نتایج این آزمون طبیعی بودن توزیع داده‌ها را نشان داد، از آزمون‌های آماری پارامتریک استفاده

شد. برای بررسی تغییرات بین گروهی، آزمون t مستقل به کار رفت. ابتدا، از آزمون t مستقل جهت اطمینان از همسان بودن دو گروه مورد مطالعه قبل از شروع دوره تمرینی استفاده شد و در نهایت برای بررسی تفاوت بین گروهی پس از مداخله تمرینی نیز مورد استفاده قرار گرفت. سطح معناداری $\alpha = 0.05$ در نظر گرفته شد.

نتایج مربوط به مشخصات عمومی آزمودنی‌ها و تغییرات آنها پس از دوره تمرین در جدول ۱ ارائه شده است، تفاوت معناداری بین دو گروه مورد مطالعه پس از مداخله تمرینی در وزن، BMI و نسبت دور کمر به باسن مشاهده نشد، اما درصد چربی در گروه تمرینی به صورت معناداری کاهش یافت و افزایش معناداری در VO_{2max} و تغییرات حجم پلاسما در گروه تجربی مشاهده شد. نتایج آزمون آماری t مستقل در مرحله پیش

جدول ۱. متغیرهای آنتروپومتری آزمودنی‌ها (میانگین \pm انحراف استاندارد) قبل و بعد از مداخله تمرینی

متغیرها	گروه کنترل (n=9)		گروه تجربی (n=9)	
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
سن (سال)	۲۳/۲۷ \pm ۲/۰۱	-	۲۴/۳۳ \pm ۱/۴۱	-
قد (سانتی‌متر)	۱۸۰/۲۲ \pm ۶/۸۸	-	۱۷۶/۲۲ \pm ۴/۹۱	-
وزن (کیلوگرم)	۷۶/۲۷ \pm ۷/۲۳	۷۷/۳۰ \pm ۸/۰۰	۷۷/۲۷ \pm ۶/۵۹	۷۲/۱۱ \pm ۶/۸۸
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	۲۳/۵۴ \pm ۲/۶۰	۲۳/۸۵ \pm ۳/۲۴	۲۳/۳۲ \pm ۲/۲۹	۲۳/۱۸ \pm ۲/۴۴
نسبت دور کمر به دور باسن	۰/۸۴ \pm ۰/۰۰	۰/۸۵ \pm ۰/۰۲	۰/۸۴ \pm ۰/۰۴	۰/۸۴ \pm ۰/۰۵
چربی بدن (درصد)	۱۲/۳۴ \pm ۳/۱۹	۱۳/۰۲ \pm ۲/۱۱	۱۰/۵۲ \pm ۲/۱۲	۸/۸۷ \pm ۲/۲۲
VO_{2max} (میلی‌لیتر کیلوگرم در دقیقه)	۴۱/۸۱ \pm ۲/۵۱	۴۱/۷۶ \pm ۲/۵۳	۴۲/۴۲ \pm ۲/۸۵	۴۶/۱۰ \pm ۳/۰۱
تغییرات حجم پلاسما	-	-۰/۶۸۱ \pm ۱/۹۳	-	۱۰/۰۵ \pm ۶/۵۳

* $P \leq 0.05$

مورد مطالعه نشان داد، شش هفته اجرای HIIT موجب کاهش ۴/۰۶ درصدی فیبرینوژن پلاسما و افزایش ۱۶/۶۶ درصدی hs-CRP سرمی شد، اگرچه این تغییرات نسبت به گروه کنترل معنادار نبود ($P=۰/۹۰۵$ و $P=۰/۴۹۵$).

آزمون بین دو گروه مورد مطالعه نشان داد که دو گروه در متغیرهای مورد نظر با یکدیگر تفاوت معناداری نداشتند و فرض همسانی آنها تأیید شد (جدول ۲). در نهایت، نتایج این آزمون در مرحله پس آزمون بین دو گروه

جدول ۲. میانگین، انحراف معیار و نتایج آزمون t مستقل در مرحله پیش آزمون در دو گروه مورد مطالعه

متغیرها	گروه	میانگین و انحراف استاندارد	F (آزمون لون)	سطح معناداری	t	درجه آزادی	سطح معناداری
hs-CRP (mg/l)	کنترل	۰/۱۴±۰/۰۷	۴/۱۱۲	۰/۰۶۰	۱/۱۵۰	۱۶	۰/۳۶۷
	تجربی	۰/۳۶±۰/۸۰					
فیبرینوژن (mg/dl)	کنترل	۱۶۴/۵۵±۱۳/۶۵	۰/۴۵۸	۰/۵۰۸	۰/۵۵۶	۱۶	۰/۵۸۶
	تجربی	۱۶۹/۴۴±۲۲/۵۹					

جدول ۳. میانگین، انحراف معیار و نتایج آزمون t مستقل در مرحله پس آزمون در دو گروه مورد مطالعه

متغیرها	گروه	میانگین و انحراف استاندارد	F (آزمون لون)	سطح معناداری	t	درجه آزادی	سطح معناداری
hs-CRP (mg/l)	کنترل	۰/۱۷±۰/۱۳	۳/۱۲۹	۰/۰۹۶	۰/۶۹۸	۱۶	۰/۴۹۵
	تجربی	۰/۴۲±۰/۷۲					
فیبرینوژن (mg/dl)	کنترل	۱۶۴/۵۵±۱۴/۲۶	۲/۲۴۷	۰/۱۵۳	-۰/۱۲۱	۱۶	۰/۹۰۵
	تجربی	۱۶۲/۵۵±۴۷/۲۷					

$P \leq ۰/۰۵$ *

بحث

گذار بر تغییرات غلظت فیبرینوژن پلاسما پیشنهاد کرده‌اند، که از جمله می‌توان به افزایش فعالیت سیستم فیبرینولیزی، کاهش تولید کبدی فیبرینوژن، تغییرات حجم پلاسما، نیمرخ چربی و BMI آزمودنی‌ها پس از مداخله تمرینی اشاره کرد. از میان نشانگرهای انعقادی، فیبرینوژن بهترین شاخص در ارزیابی احتمال مشکلات عروق

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد پس از شش هفته اجرای HIIT، مقادیر فیبرینوژن پلاسما بین دو گروه مورد مطالعه تفاوت معناداری نداشت، اما یک کاهش ۴/۰۶ درصدی در گروه تجربی و عدم تغییر قابل ملاحظه در گروه کنترل نسبت به مقادیر پیش از آزمون مشاهده شد. پژوهشگران ساز و کارهای متفاوتی را به عنوان عوامل اثر

در همین راستا زیمانسکی و همکارانش (۲۵) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر فعالیت ورزشی منظم بر عوامل هموستاز پرداختند و کاهش فیبرینوژن را مربوط به اثر مستقیم فعالیت ورزشی منظم ندانستند و گزارش کردند کاهش فیبرینوژن با کاهش میزان BMI رابطه مستقیم دارد و به دلیل آنکه BMI بر اثر ورزش کم می‌شود، با تأثیر ثانویه فعالیت ورزشی منظم، فیبرینوژن کاهش می‌یابد (۲۵).

بنابراین در پژوهش حاضر نیز ممکن است، کاهش غیرمعنادار ۰/۶ درصدی در BMI یکی از دلایل کاهش غیرمعنادار ۴/۰۶ درصدی مشاهده شده در غلظت فیبرینوژن پلاسماهای آزمودنی‌ها پس از شش هفته اجرای HIIT باشد.

رضایی‌منش و همکارانش (۲۱) گزارش کردند هشت هفته فعالیت ورزشی تناوبی بی‌هوایی در دانشجویان ورزشکار منجر به کاهش معنادار غلظت فیبرینوژن پلاسما شد (۲۱). این پژوهشگران پیشنهاد کردند که دلیل این امر به کنترل تولید گلیکوپروتئین‌های کبدی پس از فعالیت بدنی مربوط است. همچنین اشاره کردند که فعالیت ورزشی باعث کاهش التهاب از طریق کاهش تولید سایتوکاین‌ها از بافت چربی، افزایش حساسیت به انسولین و کاهش وزن می‌شود.

در ارتباط با احتمال کاهش سنتز فیبرینوژن از سلول‌های کبدی می‌توان به سازوکارهای حاصل در سیستم عضلات اسکلتی نسبت به تمرینات HIIT اشاره کرد که احتمالاً فعالیت سایتوکاین‌ها از قبیل LI-۱ کاهش می‌یابد. تحقیقاتی نیز نشان داده‌اند که پاسخ‌های LI-۱ با افزایش سطح آمادگی جسمانی کاهش یافته است (۱۴)، لذا این احتمال

کرونی است که مقدار آن تحت تأثیر نیمرخ لیپیدی آزمودنی‌ها قرار می‌گیرد (۱۹). جهانگرد و همکارانش (۱۷) کاهش غلظت فیبرینوژن پلاسما را بعد از ده جلسه تمرین هوایی با دوچرخه ثابت در زنان یائسه گزارش کردند. وی کاهش چربی را بعد از ده جلسه تمرین هوایی عامل کاهش فیبرینوژن عنوان کرد. همچنین گزارش کردند ارتباط معنادار معکوسی بین مقادیر فیبرینوژن پلاسما و سطح آمادگی جسمانی افراد وجود دارد، که ارتباط مطلوب بین فعالیت ورزشی منظم و کاهش فیبرینوژن پلاسما، به احتمال زیاد ناشی از کاهش چربی بدن در اثر فعالیت ورزشی منظم باشد (۱۷).

در همین زمینه بوچان و همکارانش (۹) گزارش کردند، دلیل کاهش غلظت فیبرینوژن پلاسما در نوجوانان غیرفعال سالم پس از هفت هفته اجرای HIIT، کاهش چربی در این افراد است. همچنین، بیان کردند کاهش غلظت فیبرینوژن پلاسما مستلزم کاهش چربی است.

بنابراین با توجه به نتایج پژوهش حاضر، در رابطه با کاهش معنادار ۱۵/۶۸ درصدی چربی بدن در آزمودنی‌ها پس از شش هفته اجرای HIIT، به نظر می‌رسد یکی از دلایل احتمالی کاهش ۴/۰۶ درصدی فیبرینوژن پلاسما، ناشی از کاهش معنادار درصد چربی بدن باشد. همچنین با توجه به ارتباط معکوس آمادگی جسمانی و مقادیر فیبرینوژن پلاسما، به نظر می‌رسد در پژوهش حاضر نیز افزایش آمادگی جسمانی (افزایش معنادار ۸/۶۸ درصدی VO_{2max}) از دلایل احتمالی کاهش مشاهده شده در مقادیر فیبرینوژن پلاسما پس از مداخله تمرینی باشد.

در نهایت، با توجه به اینکه برخی پژوهش‌ها، شدت تمرین را از عوامل اثرگذار بر غلظت فیبرینوژن پلاسما عنوان کرده اند، احتمالاً در پژوهش حاضر نیز می‌توان کاهش ۴/۰۶ درصدی غلظت فیبرینوژن پلاسما را به شدت بالای (بیش از ۹۰ درصد HRmax) اجرای HIIT در طول شش هفته نسبت داد.

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد پس از شش هفته اجرای HIIT، مقادیر hs-CRP بین دو گروه مورد مطالعه تفاوت معناداری نداشت، اما یک افزایش ۱۶/۶۶ درصدی در گروه تجربی و ۲۱ درصدی در گروه کنترل نسبت به مقادیر پیش از آزمون مشاهده شد. با توجه به این‌که مقادیر کمتر از ۱ میلی گرم در لیتر CRP نشان دهنده خطر کم، ۱ تا ۳ میلی گرم در لیتر خطر متوسط و بیش از ۳ میلی گرم در لیتر نشان دهنده خطر بالا در بزرگسالان هست، همه شرکت کنندگان پژوهش حاضر در هر دو مرحله پیش و پس‌آزمون در طبقه خطر کم قرار داشتند. اطلاعاتی در زمینه تأثیر دوره اجرای HIIT بر غلظت CRP در افراد جوان غیرفعال غیرچاق در دسترس نمی‌باشد و اطلاعات موجود محدود به شرکت کنندگان چاق در فعالیتهای ورزشی هوازی به‌صورت حاد و مزمن است.

گزارش شده است افزایش آمادگی قلبی - تنفسی ممکن است با کاهش غلظت CRP همراه باشد (۲۰). اما در پژوهش حاضر با توجه به افزایش معنادار ۸/۶۸ درصدی $\max VO_2$ پس از شش هفته اجرای HIIT در گروه تجربی، تغییرات معناداری در غلظت CRP مشاهده نشد،

وجود دارد پس از یک دوره اجرای منظم HIIT، تولید سایتوکاین‌ها از قبیل IL-۱ کاهش یابد که این کاهش به نوبه خود در کاهش فیبرینوژن حاصل از سنتز کبدی نیز تأثیر گذار باشد.

در مطالعه‌ای السید و همکارانش (۱۵) غلظت فیبرینوژن پلاسما را در هشت مرد فعال پس از اجرای فعالیت ورزشی با شدت ۱۰۰ و ۷۵ درصد VO_{2max} مورد آزمودند. نتایج نشان داد میزان فیبرینوژن پلاسما در هر دو شدت پروتکل منتخب کاهش یافت. آن‌ها در پایان پیشنهاد کردند بهتر است برای تفسیر پاسخ فیبرینوژن پلاسما، تغییرات حجم پلاسما نیز لحاظ شود.

همچنین رضایی منش و همکارانش (۲۱) نیز یکی از دلایل کاهش غلظت فیبرینوژن پلاسما را افزایش تغییرات احتمالی بوجود آمده در حجم پلاسما و غلظت خون بیان کردند.

با توجه به اینکه در پژوهش حاضر حجم پلاسما به‌طور معناداری پس از شش هفته اجرای HIIT در مقایسه با گروه کنترل افزایش پیدا کرد، به نظر می‌رسد یکی دیگر از دلایل احتمالی کاهش ۴/۰۶ درصدی غلظت فیبرینوژن پلاسما در پژوهش حاضر به علت افزایش حجم پلاسما در آزمودنی‌های گروه تجربی باشد.

دونوان و همکارانش (۲۲) پس از ۲۴ هفته تمرین با شدت متوسط (MOD) و بالا (HIT) در مردان سالم گزارش کردند مقدار فیبرینوژن در هر دو گروه تمرینی در حد مطلوبی تغییر کرد. با این وجود نشان دادند تغییرات مطلوب در عوامل خطرزای بیماری قلبی - عروقی (فیبرینوژن) تحت تأثیر شدت تمرین قرار می‌گیرد.

(۲۳) نشان دادند فعالیت بدنی منظم موجب کاهش ترشح LI-6 از بافت چربی می‌شود. بنابراین، با توجه به اینکه LI-6 به عنوان محرک قوی تولید CRP کبدی است، می‌توان گفت در پژوهش حاضر نیز احتمالاً اجرای شش هفته HIIT با کاهش ترشح LI-6 از بافت چربی همراه بوده که در نهایت منجر به کاهش تولید CRP و فیبرینوژن کبدی شده است (منظور عدم افزایش معنادار متغیرهای ذکر شده است). از طرفی با توجه به اینکه آزمودنی های پژوهش حاضر را افراد غیرفعال سالم تشکیل می‌دادند که میانگین غلظت CRP آنها در محدوده خطر بسیار کم (کمتر از ۱ میلی گرم در لیتر) قرار داشت، بنابراین انتظار نمی‌رود تغییرات عمده‌ای در غلظت CRP استراحتی آزمودنی‌ها پس از مداخله تمرینی رخ دهد.

نتیجه‌گیری

تمامی پژوهشگران به دنبال بهترین نوع شدت و مدت فعالیت ورزشی‌ای هستند که کمترین میزان تحریک پاسخ التهابی را به دنبال داشته باشد. با توجه به نتایج این پژوهش (کاهش غیرمعنادار فیبرینوژن و افزایش غیرمعنادار hs-CRP) به نظر می‌رسد اجرای منظم HIIT با تغییرات اندک پروتئین‌های التهابی مرحله حاد همراه باشد، و احتمالاً شیوه تمرینی مفیدی برای افراد غیرفعال است. در نهایت می‌توان گفت، اجرای HIIT از نظر تأثیر زمانی یک عامل کارآمد در کاهش درصد چربی بدن و افزایش آمادگی هوازی است که با تغییرات اندکی در مقادیر پروتئین‌های التهابی مرحله حاد همراه است.

حتی تغییرات جزئی مشاهده شده حاکی از افزایش ۱۴ درصدی غلظت CRP پس از مداخله تمرینی بود. همچنین سایر پژوهش‌ها نیز در افراد جوان دارای اضافه وزن و چاق، عدم تغییر غلظت CRP را در حضور بهبود معنادار آمادگی قلبی - تنفسی گزارش کرده‌اند (۱۸). به‌طور جالب توجهی، در این مطالعات هیچ‌یک از شرکت کنندگان جوان دارای اضافه وزن و چاق، تغییر معناداری را در وزن بدنشان تجربه نکردند.

بوچان و همکارانش (۹) همسو با پژوهش حاضر گزارش کردند هفت هفته اجرای HIIT تغییرات معناداری در غلظت CRP سرم نوجوانان غیرچاق ایجاد نکرد و دلیل احتمالی این امر را عدم کاهش وزن آزمودنی‌ها پس از مداخله تمرینی ذکر کردند. همچنین کلی و همکارانش (۱۸) گزارش کردند، کاهش وزن پیوسته قبل از مشاهده کاهش غلظت CRP در نوجوانان غیر چاق مورد نیاز است.

اگرچه در پژوهش حاضر درصد چربی بدن به میزان قابل توجه ۱۵/۶۸ درصد در گروه تجربی کاهش یافت، اما تغییر معناداری در وزن بدن آزمودنی‌ها پس از مداخله تمرینی مشاهده نشد. بنابراین با توجه به نتایج پژوهش حاضر و مقایسه آن با اظهارات بوچان و همکارانش (۹) و کلی و همکارانش (۱۸)، به نظر می‌رسد یکی از دلایل احتمالی عدم کاهش معنادار hs-CRP پس از مداخله تمرینی، ناشی از عدم کاهش وزن آزمودنی‌ها باشد.

بوچان و همکارانش (۹) گزارش کردند اجرای هفت هفته HIIT منجر به کاهش LI-6 در نوجوانان غیر چاق شد. همچنین، توماس و ویلیامز

منابع

۱. دبیدی روشن، ولی‌الله؛ گائینی، عباسعلی؛ رواسی، علی‌اصغر؛ جوادی، ابراهیم. ۱۳۸۴، اثر یک دوره تمرین تداومی بر CRP موش‌های صحرایی ویستار، المپیک، ۲ (پیاپی ۳۰): ۲۷-۲۱.
۲. گائینی، ع.؛ رجبی، ح.، ۱۳۹۰، آمادگی جسمانی، تهران، انتشارات سمت، چاپ هفتم: ۲۸۶-۲۹۰.
۳. مقرنسی، مهدی؛ گائینی، عباسعلی؛ کردی، محمدرضا؛ رواسی، علی‌اصغر؛ جوادی، ا.؛ شیخ‌الاسلامی، داریوش، ۱۳۹۰، اثر چهار هفته بی‌تمرینی پس از تمرینات سرعتی شدید بر عوامل خطرزای آسیب‌های التهابی آتروژنز، نشریه علوم زیستی ورزشی، (۹) ۳: ۲۰-۵۰.
۴. مقرنسی، مهدی، ۱۳۸۹، اثر کوتاه‌مدت و طولانی‌مدت تمرین تاومی هوازی بر شاخص‌های قلبی-عروقی جدید و سنتی موش‌های نر ویستار، المپیک، ۱ (پیاپی ۴۹)، ۷-۱۸.
۵. محبی، حمید؛ حاجیلو، حسین؛ دمیرچی، ارسلان؛ روحانی، هادی، ۳۹۰، اثر شدت تمرین هوازی بر ترکیب و توزیع چربی بدن مردان دارای اضافه‌وزن، المپیک، ۴ (پیاپی ۵۶): ۹۱-۱۰۳.
۶. نیکولاس، باربارا، ۱۳۸۷، فعالیت ورزشی استقامتی و بافت چربی. ترجمه محمد فرامرزی و عباسعلی گائینی، تهران، پژوهشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، ۴۰-۴۵.
7. Antonopoulous, A.; Alexious, Z. (2003). "Fibrinogen and CRP levels in diabetic with acute stroke". 18th International Diabetes Federation Cogress, 24-29.
8. Blake and Ridker (2001). "Novel clinical marker of vascular wall inflammation". *Circulation research*: 89(9):763.
9. Buchan, S.D.; Ollis, S.T., and et.al (2011). "The Effects of Time and Intensity of Exercise on Novel and Established Markers of CVD in Adolescent Youth". *Am. J. Hum. Biol.* 23:517-526.
10. Burgomaster, K.A.; Howarth, K.R.; Phillips, S.M.; Rakobowchuk, M.; Macdonald, M.J.; McGee, S.L.; Gibala, M.J. (2008). "Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans". *J Physiol*, 586:151-160.
11. Boutcher, S.H. (2011). "High-Intensity Intermittent Exercise and Fat Loss". *Journal of Obesity*, 10.
12. Dill, D.; Costill, D.L. (1974). "Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration". *Journal of Applied Physiology*. 37(2): 247-248.
13. Donovan, G.O.; Owen, A., & et.al. (2005). "Changes in cardiorespiratory fitness and coronary heart disease risk factors following 24 wk of moderate- or high-intensity exercise of equal energy cost". *J Appl Physiol*, 98: 1619-1625.
14. Duocan, R.B.; Schimdt, M.I., & et.al. (1999). "Fibrinogen, other putative markers of inflammation and weight gain in midll-aged adults". *Atherosclerosis other lipid Mediat*, 57: 87-98.
15. El-Sayed, M.S.; Lin, X.; Ratta, A.J. (1995). "Blood coagulation and fibrinolysis at rest and in response to maximal exercise before and after a physical conditioning program". *Blood Coag fibrinolysis*; 6: 747-752.
16. Glaister, M.; Hauck, H.; Abraham, C.S.; Merry, K.L.; Beaver, D.; Woods, B. (2009). "Familiarization, reliability, and comparability of a 40-m maximal shuttle run test". *Journal of Sports Science and Medicine*. 2009; 8: 77-82.
17. Jahangarda, T.; Torkaman, G., & et.al. (2009). "The effect of short-term aerobic training on coagulation and

- fibrinolytic factors in sedentary healthy postmenopausal women". *Maturitas*, 64: 223–227.
18. Kelly, A.S.; Steinberger, J.; Olson, T.P.; Dengel, D.R. (2007). "In the absence of weight loss, exercise training does not improve adipokines or oxidative stress in overweight children". *Metabolism*, 56:1005–1009.
 19. Mutanen, M.; Frees, R. (2001). "Fats, lipids and blood coagulation". *Curr. Opin. Lipidol*, 12: 25-29.
 20. Plaisance, E.P.; Grandjean, P.W. (2006). "Physical activity and high-sensitivity C-reactive protein". *Sports Med*; 36:443–458.
 21. Rezaeimanesh, D.; Amiri, P.; Saidian, S. (2011). "The effect of 8- week's anaerobic intermittent exercises on the amount of fibrinogen, CRP and VO₂max in student athletes". *Procedia- Social and Behavioral Sciences*; 30: 2169 – 2172.
 22. Talanian, J.L.; Galloway, S.D.R.; Heigenhauser, G.J.F.; Bonen, A.; Spriet, L.L. (2007). "Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women". *J Appl Physiol*; 102: 1439–1447.
 23. Trapp, E.G.; Chisholm, D.J.; Freund, J.; Boutcher, S.H. (2008). "The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women". *International Journal of Obesity*; 32: 684–691.
 24. Thomas, N.E.; Williams, D.R. (2008). "Inflammatory factors, physical activity, and physical fitness in young people". *Scand J Med Sci Sports*, 18:543–556.
 25. Szmanski, L.M.; Kessler, C.M., & et.al. (2005). "Relationship of physical fitness, hormone replacement, therapy and hemostatic risk factor in postmenopausal women". *J Appi Physiol*; 62(2): 464-9.
 26. Witkowska, A.M. (2005). "Soluble ICAM-1: a marker of vascular inflammation and lifestyle". *Cytokine*, volume 31, issue 2, 127-34.