

## مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش

سال ششم، شماره اول؛

بهار و تابستان ۱۳۹۸

صفحات ۵۹-۵۳

مقاله پژوهشی

### مقایسه آثار بلند مدت و حاد تمرینات هوازی تداومی و تناوبی با شدت بالا (HIIT) بر شاخص‌های التهاب عروقی (ICAM1, E-selectin) در مردان غیرفعال دارای اضافه وزن

کامران قدرتی<sup>۱\*</sup>، بهمن میرزایی<sup>۲</sup>، وحید تأدیبی<sup>۳</sup>  
 تاریخ دریافت: ۹۷/۰۶/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۲/۲۷

#### چکیده

**هدف:** مولکول‌های چسبان شاخص‌های نوینی است که به عنوان یکی از حلقه‌های ارتباط چاقی، کم‌تحرکی، و بیماری‌های قلبی عروقی مورد تأکید قرار گرفته‌است. هدف مطالعه حاضر مقایسه هوازی تداومی و تناوبی با شدت بالا بر شاخص‌های التهاب عروقی در مردان غیرفعال دارای اضافه وزن می‌باشد. **روش شناسی:** ۳۶ نفر آزمودنی داوطلب از جامعه آماری افراد چاق کم‌تحرک با سن، درصد چربی و وزن ( $3 \pm 1/83$ ) سال،  $24/83$  سال،  $1/48 \pm 33/85$  درصد،  $91/9 \pm 3/66$  کیلوگرم) انتخاب و به صورت تصادفی به دو گروه تجربی و یک گروه کنترل تقسیم شدند. برنامه‌های تمرین شامل ۸ هفته تمرین هوازی تداومی با شدت ۶۵ تا ۷۵ درصد ضربان قلب بیشینه و تناوبی به صورت ۴ ست در هر جلسه (شدت کار ۷۰ تا ۹۵ درصد  $HR_{max}$ ) اجرا شد. خون‌گیری در سه مرحله شامل، پیش از آغاز، ۴۸ ساعت پس از خاتمه دوره تمرین و بلافاصله پس از یک جلسه تمرین، صورت گرفت. داده‌ها با استفاده از آزمون آماری آنالیز واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر  $3 \times 3$  در سطح معنی‌داری  $P < 0/05$  تجزیه و تحلیل شد. **یافته‌ها:** نتایج نشان داد که مقادیر ICAM-1 و E-selectin در گروه هوازی تداومی به ترتیب به میزان  $3/7$  و  $6/13$  درصد به صورت معنی‌دار ( $P \leq 0/05$ ) و در گروه HIIT کاهش ICAM-1 به میزان  $5/01$  درصد به صورت معنی‌دار ( $P \leq 0/05$ ) و کاهش E-Selectin به میزان  $0/3$  درصد غیر معنی‌دار بود ( $P > 0/05$ ). **نتیجه‌گیری:** تمرین ورزشی هوازی تداومی و HIIT به نحو مشابهی موجب کاهش ICAM1 شد، اما کاهش E-Selectin در گروه HIIT برخلاف گروه تداومی معنادار نبود. یک جلسه تمرین حاد تغییری در میزان متغیرها در هیچ کدام از گروه‌ها ایجاد نکرد. نتایج پژوهش نشان داد که تمرین تداومی مولکول‌های چسبان را به نحو مؤثرتری کاهش می‌دهد.

**واژه‌های کلیدی:** تمرین هوازی، تمرین هوازی تناوبی با شدت بالا، التهاب عروقی، ICAM-1 و E-selectin. اضافه‌وزن.

**نحوه ارجاع:** قدرتی کامران، میرزایی بهمن، تأدیبی وحید. مقایسه آثار بلند مدت و حاد تمرینات هوازی تداومی و تناوبی با شدت بالا (HIIT) بر شاخص‌های التهاب عروقی (ICAM1, E-selectin) در مردان غیرفعال دارای اضافه وزن. مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش ۱۳۹۸؛ ۶(۱): ۵۹-۵۳.



با اسکن QR فوق می‌توانید جزئیات مقاله حاضر را در سایت [www.jahssp.azaruniv.ac.ir/](http://www.jahssp.azaruniv.ac.ir/) مشاهده کنید

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، پردیس دانشگاهی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران (نویسنده مسئول): ghodrati772@yahoo.com
۲. استاد، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
۳. دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

## Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology

Volume 6, Number 1  
Spring /Summer 2019  
53-59

### Original Article

### Comparison of the chronic and acute effects of aerobic continuous and high interval intensity training (HIIT) on vascular inflammation indices (ICAM1, E-Selectin) in sedentary overweight men

Kamran Ghodrati<sup>\*1</sup>, Bahman Mirzaei<sup>2</sup>, Vahid Tadibi<sup>3</sup>

Received 9 September 2018; accepted 17 May 2019

#### Abstract

**Aim:** Adhesion molecules are new indices that have been emphasized as a communication loops among obesity, sedentary and cardiovascular diseases. The aim of the present study was to compare continuous and intermittent aerobic high intensity on the indicators of vascular inflammation in inactive overweight men. **Methods:** 36 volunteer subjects were selected from the statistical population of sedentary obese people with age, fat percentage and weight (24.83 ± 1.83 years, 33.85 ± 4.14%, 91.96 ± 3.66 kg) and randomly divided into two. The experimental group and a control group were divided. The training programs consist for 8 weeks with 65 to 75 %HRmax in continuous group and Interval group performed 4 set/day with (Work) 70 to 95 %HRmax. The blood sampling was performed after 12 fasting hours in three stage consist of baseline, 48 h after 8 weeks of training and immediately after one session of acute exercise. Resulting data were analyzed by ANOVA with repeated measure 3\*3 and post hoc Tukey test ( $\alpha=0.05$ ). **Results:** The finding showed that ICAM1 and E-selectin values in continuous group decreased respectively 3.7 and 6.13 percent significantly and in HIIT group ICAM1 decreased as 5.01 percent significantly and E-Selectin decreased 0.3 insignificantly  $p<0.05$ . **Conclusions:** Continuous and HIIT similarly decreased ICAM1 but decrease of E-selectin in HIIT group was not significant like continuous group. One session of acute exercise didn't have any significant effect with both form of training. The finding of this study showed continuous training decreased adhesive molecules effectively.

**Keywords:** Aerobic training, high interval intensity training, vascular inflammation, ICAM-1, E-selectin, overweight.



Scan this QR code to see the accompanying video, or visit [jahssp.azaruniv.ac.ir](http://jahssp.azaruniv.ac.ir)

1. PhD of exercise physiology, University of Guilan, Rasht, Iran.  
(Corresponding Author):  
ghodrati772@yahoo.com
2. Professor of exercise physiology, University of Guilan, Rasht, Iran.
3. Associate professor of exercise physiology, Razi University, Kermanshah, Iran.

*Cite as:* Ghodrati Kamran, Mirzaei Bahman, Tadibi Vahid. Comparison of the chronic and acute effects of aerobic continuous and high interval intensity training (HIIT) on vascular inflammation indices (ICAM1, E-Selectin) in sedentary overweight men. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2019; 6(1): 53-59.

## مقدمه

افزایش شیوع چاقی<sup>۱</sup> و نارسایی‌های مربوط به آن از مشکلات اصلی سلامت در کشور محسوب می‌شود. بر اساس همین گزارش ۵۸٪ و ۷۵٪ زنان و مردان ایرانی از اضافه‌وزن و چاقی رنج می‌برند (۲۰۱). در یکی از گزارش‌ها در ایران ۴۶٪ علت مرگ‌ومیرها ناشی از نارسایی‌های عروق کرونر در نتیجه کم‌تحركی و چاقی گزارش شده است (۳). این نارسایی‌ها حتی در سنین جوانی نیز مشاهده شده است (۴). التهاب و مهاجرت منوسیت<sup>۲</sup> به دیواره شریان‌ها، به‌عنوان مهم‌ترین عامل آغاز و توسعه روند‌های آتروم زا معرفی شده است، به‌طوری‌که مولکول‌های چسبان<sup>۳</sup> به‌عنوان یکی از قوی‌ترین نشانگرهای زیستی که با آسیب‌های عروق کرونر ارتباط مستقیمی دارد، شناخته شده و رابطه نزدیک آن با شاخص‌های پیش التهابی نظیر اینترلوکین های ۱، ۶ و حتی TNF- $\alpha$  مشخص شده است (۵ و ۶). در همین رابطه سلکتین<sup>۴</sup> نیز در دو مرحله ابتدایی ورود لکوسیت‌ها به جدار سلولی نقش مهمی را ایفا می‌کند (۷ و ۸). افزایش توده چربی به‌ویژه چربی احشایی از طریق افزایش بیان سایتوکاین‌های التهابی و پیش التهابی موجب افزایش بیان مولکول‌های چسبان بین سلولی می‌شود و افزایش مولکول‌های چسبان از طریق مهاجرت و اتصال سلول‌های ایمنی به جدار عروق، در راه‌اندازی آترواسکلروز نقش دارد (۹). از این رو اندازه‌گیری مولکول‌های چسبان به‌عنوان شاخصی برای تجمع ماکروفاژها در اینتمیا<sup>۵</sup> و تعیین مقدار سلکتین‌ها به‌عنوان نشانگری برای سرعت اتصال لکوسیت‌ها به جدار سلول و در نهایت توسعه پلاک آترواسکلروزی به‌شمار می‌رود (۸،۹). رابطه مولکول‌های چسبان با چاقی به‌ویژه چاقی احشایی از مدت‌ها قبل اثبات شده است (۱۰). در همین زمینه، ارتباط بین تغییرات مولکول‌های چسبان، سلکتین‌ها و کاهش وزن ناشی از مداخلات جراحی (۱۱،۱۲)، رژیم‌های غذایی (۱۳،۱۴) و فعالیت ورزشی (۱۵،۱۶) گزارش شده است. برخلاف آن نیز برخی پژوهش‌ها بر عدم تغییر مولکول‌های چسبان و فاکتورهای همراه در نتیجه فعالیت ورزشی تأکید داشته‌اند و فعالیت‌های ورزشی از طریق تأثیر بر شاخص‌های مختلف راه‌اندازی کننده آترواسکلروز، موجب پیشگیری کاهش سرعت گسترش پلاک‌های آترواسکلروزی می‌شود. بهبود نیم‌رخ لیپیدی، کاهش التهاب عمومی و سطح سایتوکاین‌های محرک تولید مولکول‌های چسبان، از مکانیزم‌های احتمالی تأثیر دوره‌های تمرین ورزشی محسوب می‌شود (۱۷،۱۸،۱۹).

کوه و پارک (۲۰۱۸)<sup>۶</sup> در بررسی ۲۸ پژوهش در زمینه تأثیر فعالیت ورزشی بر مولکول‌های چسبان و عوامل مؤثر در فرایند انتقال لکوسیت‌ها به جدار سلولی نتیجه‌گیری کردند که فعالیت ورزشی هوازی با شدت کم تا متوسط احتمال کاهش این موارد را افزایش می‌دهد و با بالاتر رفتن سهم فعالیت‌های مقاومتی آثار معنی‌داری تغییر مولکول‌های چسبان کاهش می‌یابد، افزایش شدت تمرین به سمت تمرینات مقاومتی دامنه تأثیرگذاری را کمتر می‌کند (۸). گرچه کارگر فرد و همکاران (۲۰۱۶)<sup>۷</sup> نشان دادند که در مقایسه با فعالیت استقامتی تمرینات اینتروال تا ۹۵-۸۰ درصد ضربان قلب ذخیره موجب کاهش مولکول‌های چسبان در افراد چاق و طبیعی شده است (۲۰). ولی به نظر می‌رسد بر اساس فراوانی پژوهش‌ها تناوبی هوازی تاکنون نتیجه به نفع فعالیت‌های تناوبی شدت کم تا متوسط بوده است (۸). اکسوی و همکاران (۲۰۱۵)<sup>۸</sup> در مقایسه تأثیر فعالیت تناوبی هوازی با شدت متوسط در برابر فعالیت تناوبی هوازی در بیماران حمله قلبی کاهش سطوح مولکول‌های چسبان عروقی را پس از ۱۰ هفته تمرین در هر دو گروه مشاهده کردند؛ ولی میزان تغییرات قدرت انقباضی قلب در گروه تمرینات

تناوبی بارزتر بود (۲۱). البته در برخی پژوهش‌ها آثار کوتاه‌مدت فعالیت ورزشی نیز مورد توجه قرار گرفته است که در اغلب موارد افزایش سطوح مولکول‌های چسبان را تا چند ساعت پس از فعالیت ورزشی گزارش کرده‌اند (۲۲،۲۳). افزایش مولکول‌های چسبان پس از تمرینات شدید بسیار برجسته‌تر از E-selectin و VCAM-1 گزارش شده است (۲۴).

بنابراین با توجه به نقش عوامل التهابی ویژه در سلامت قلب و عروق و فرض قوی بهبود این عوامل با فعالیت ورزشی و با فرض اینکه کاربرد مداخله تمرینات استقامتی و تناوبی بتواند در بهبود شاخص‌های التهابی و متعاقباً شاخص‌های چسبندگی سلولی پس از یک فعالیت حاد نقش داشته باشد. تمرینات هوازی مرسوم که شامل دویدن‌های تناوبی است که در پژوهش‌ها بسیاری مورد استفاده قرار گرفته‌اند؛ اما تمرینات HIIT روش جدیدتری است که زمان کوتاه‌تر، با توجه به فرصت‌های اندک فعالیت ورزشی، می‌تواند دارای آثار تندرستی مشابهی باشد. لذا پژوهش حاضر درصدد پاسخ‌گویی به این سؤال است که آیا اجرای ۸ هفته تمرینات استقامتی تناوبی و تناوبی بر سطوح ICAM-1 و E-selectin سرم، در مردان دارای اضافه‌وزن غیرفعال، تأثیر معنی‌دار دارد و آیا سازگاری‌های احتمالی بین دو شیوه تمرین مشابه است یا خیر؟ این پژوهش آثار بلندمدت (هشت هفته) و همچنین پاسخ حاد به یک جلسه تمرین را با دو شیوه هوازی تناوبی و HIIT بر سطوح سرمی ICAM1 و E-selectin را باهم مقایسه می‌کند.

## روش‌شناسی پژوهش

## روش پژوهش

نوع مطالعه کاربردی و روش پژوهش از نوع طرح نیمه تجربی با سه گروه (۱ گروه کنترل و ۲ گروه تجربی) است. در ابتدا با نصب اطلاعیه فراخوان و دعوت محقق به شناسایی مردان جوان و چاق در جامعه دانشجویان دارای اضافه‌وزن شهر کرمانشاه که مایل به اجرای فعالیت ورزشی جهت تعدیل وزن و بهبود وضعیت فیزیولوژیک خود بودند اقدام شد. در مرحله بعد از افراد جهت ارزیابی‌های اولیه دعوت به عمل آمد و از بین آن‌ها ۳۶ نفر با  $25 \leq BMI \leq 30$  که بر اساس نتایج پرسشنامه سلامت عمومی و بررسی علائم بالینی با کمک پزشک، از سلامت جسمانی و روانی برخوردار بودند، انتخاب و به‌صورت تصادفی به دو گروه کنترل و تجربی تقسیم‌بندی شدند. گروه تجربی در طی پژوهش به اجرای برنامه تمرینی پرداختند و گروه کنترل نیز بدون مداخله به فعالیت‌های روزانه خود ادامه دادند. جلسه توجیهی در آغاز کار شامل معرفی کلیه شرایط پژوهش اعم از منافع و خطرات نادر احتمالی و توصیه‌های لازم برای هر یک از آزمودنی‌ها توضیح و از آن‌ها رضایت‌نامه جهت شرکت در تمام مراحل پژوهش گرفته شد. در طی پژوهش از آزمودنی‌ها خواسته شد که در فعالیت‌های خارج از برنامه شرکت نکنند و در صورت تغییر در سبک زندگی، محقق را در جریان گذارند. نیز از آزمودنی‌ها درخواست شد که رژیم غذایی معمول خود-مطابق با پیش از برنامه پژوهش - پیروی کنند. از سوی دیگر کلیه آزمودنی‌ها از مصرف هرگونه مکمل یا دارو و یا بهره‌گیری از رژیم غذایی منع شدند. قبل از آغاز فعالیت ورزشی ارزیابی‌های اولیه قه، وزن و محیط‌های بدن در شرایط تجربی اجرا شد. همچنین پس از ۱۲ ساعت ناشتایی خون‌گیری جهت ارزیابی متغیرهای اجرا و ارزیابی‌های مشابهی نیز ۴۸ ساعت پس از پایان آخرین جلسه برنامه تمرینی انجام شد. یک روز پس از دوره تمرین ۸ هفته‌ای و بعد از خون‌گیری مرحله دوم (میان آزمون)، از آزمودنی‌ها، بلافاصله پس از یک جلسه تمرین حاد - مشابه آخرین جلسه تمرینی دوره ۸ هفته‌ای در گروه‌های تجربی - مرحله سوم خون‌گیری به عمل آمد. در صورت مشاهده

۵ Antimia

۶. Koh Y, Park J

۷. Kargarfard M et al

۸. Aksoy S, et al

۱. Obesity

2. Monocyte Margination

۳. Adhesion molecules (CAMs)

۴. Selectins



هفته	تعداد و مدت زمان (دقیقه) هر جلسه	شدت کار %HRmax	شدت استراحت HRmax%
۱	۴×۴	۷۰	۶۵
۲	۴×۴	۷۷	۶۵
۳	۴×۴	۸۵	۶۵
۴	۴×۴	۹۰	۶۵
۵	۴×۴	۹۵	۶۵
۶	۴×۴	۹۵	۶۵
۷	۴×۴	۹۵	۶۵
۸	۴×۴	۹۵	۶۵

### درصد چربی بدن و ضربان قلب

برای اندازه‌گیری درصد چربی بدن، ابتدا با استفاده از کالیپر مجموع چین زیرپوستی سه ناحیه سینه، شکم و ران برحسب میلی‌متر تعیین شد و در معادله اوانس برای تعیین درصد چربی بدن، قرار داده شد.

$$BF\% = .735(\sum 2 \text{ SKF}) + 1$$

اندازه‌گیری ضربان قلب توسط دستگاه سنجش ضربان قلب پلار (Polar Electro Inc., Woody bury, NY) و نیز آموزش آزمودنی‌ها و کنترل محقق و دستیارانش اندازه‌گیری شد.

### روش آماری

به‌منظور بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون آماری کولموگروف - اسمیرنوف استفاده شد. تفاوت آزمودنی‌ها در پیش‌آزمون از آزمون آنوا استفاده شد و به‌منظور بررسی تفاوت گروه‌ها در پس‌آزمون از تحلیل واریانس تکراری با طرح ۳×۳ و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد در همه آزمون‌ها مقدار خطا در سطح  $P < 0.05$  محاسبه شد.

### الف: آثار تمرینات بر شاخص‌های جسمانی

در پایان پژوهش در بین مراحل آزمون تفاوت معنی‌داری در میانگین وزن مشاهده شد و این تفاوت در میان آزمون و پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون در گروه‌های تمرینی بود. ولی تفاوت میان گروه‌های تمرینی در میان آزمون و پس‌آزمون نسبت به گروه کنترل مشاهده نشد. در متغیر درصد چربی بدن آزمودنی‌ها در بین مراحل آزمون و همچنین در گروه‌های آزمودنی کاهش معناداری مشاهده نشد ( $P < 0.05$ )، کاهش در هر دو گروه تمرین هوازی تداومی و تمرین تناوبی نسبت به پیش‌آزمون معنی‌دار است، اما بین آثار حاد و مزمن تمرینات هوازی تداومی و تناوبی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. (جدول ۳)

جدول ۲: میانگین  $\pm$  انحراف استاندارد مقادیر ترکیبات بدن پیش و پس از اجرای تمرینات

کنترل	تجربی (۲)	تجربی (۱)	متغیرها	
			قبل از تمرین	درصد چربی (%)
۳۴/۰±۱/۶۵	۳۳/۶±۱/۴۹	۳۳/۸±۱/۳۰	مرحله دوم	وزن بدن (کیلوگرم)
۳۴/۲±۱/۳۸	۳۱/۹±۱/۶۴ <sup>§</sup>	۳۲/۵±۱/۶۴ <sup>§</sup>	مرحله سوم	
۳۴/۲±۱/۳۹	۳۱/۷±۱/۶۴	۳۲/۵±۱/۶۱	قبل از تمرین	
۹۸/۵±۵/۷۴	۹۹/۳±۶/۱۵	۹۸/۳±۵/۵۶	مرحله دوم	وزن بدن (کیلوگرم)
۹۹/۰±۶/۰۳	۹۷/۷±۶/۱۷ <sup>§</sup>	۹۶/۵±۵/۴۸ <sup>§</sup>	مرحله سوم	
۹۸/۹±۵/۹۳	۹۷/۴±۶/۱۲	۹۶/۴±۵/۲۵	قبل از تمرین	

\* معنی‌داری تغییرات پیش تا پس‌آزمون در سطح  $P < 0.05$  ، # معنی‌داری تغییرات پیش تا پس‌آزمون در سطح  $P < 0.01$  ، § معنی‌داری تغییرات پیش تا پس‌آزمون در هر گروه تجربی باهم در سطح  $P < 0.05$

علائم بیماری، مانند تب، سرگیجه، تهوع و غیبت بیش از ۲ جلسه آزمودنی‌ها برای ادامه از آزمودنی‌ها معاف به عمل آمد.

### برنامه تمرین

برنامه تمرین شامل ۸ هفته دویدن هوازی به‌صورت ۳ جلسه در هفته به مدت ۴۰ دقیقه با تکیه بر اصل اضافه بار تدریجی با استفاده از اندازه‌گیری ضربان قلب با استفاده ضربان سنج پلار از هفته اول تا هفته پنجم افزایش تدریجی داشت (از ۶۵ الی ۷۵ درصد HRmax). در چهار هفته پایانی (هفته پنجم تا هشتم) با شدت ۷۵ درصد ادامه یافت (۲۵،۲۶). تمرینات تناوبی نیز به مدت هشت هفته و سه جلسه در هفته مطابق جدول ۱ در تمرینات شرکت کردند. هر وهله تمرین با ۱۵ دقیقه گرم کردن عمومی بدن شامل حرکات نرمش و دویدن آهسته آغاز و با دست‌کم ۵ دقیقه سرد کردن به پایان رسید. ضمن اینکه همانند پروتکل تمرین هوازی تداومی در این تمرین نیز افزایش تدریجی بار تمرین، اعمال خواهد شد (۲۷). سه دقیقه استراحت بین وهله‌های تمرین تناوبی در نظر گرفته شد.

### اندازه‌گیری سطوح متغیرهای پژوهش

از آزمودنی‌های این پژوهش سه بار نمونه‌گیری خون به عمل آمد. پیش از اجرای برنامه تمرین و ۴۸ ساعت پس از پایان پروتکل ۸ هفته‌ای و مرحله سوم بعد از یک جلسه تمرین حاد مطابق آخرین جلسه دوره هشت‌هفته‌ای تمرین انجام شد. آزمودنی‌ها جهت نمونه‌گیری ساعت ۹ صبح، پس از استراحت کامل شبانه و در حالت ناشتا به آزمایشگاه مراجعه کردند و میزان ۱۰۰cc خون از ورید بازویی قدامی، در حالت نشسته از آن‌ها به دست آمد. به‌منظور حذف اثر ریتم شبانه‌روزی همه نمونه‌گیری‌ها در ساعت مشابه ای انجام شد. همچنین برای حذف اثرات حاد تمرین، نمونه‌گیری‌های دوم پس از دوره‌های تمرین با ۴۸ ساعت و نمونه سوم بلافاصله پس از یک جلسه حاد صورت گرفت صورت گرفت. در شرایط آزمایشگاهی مقدار ۱۰ سی‌سی خون سیاه‌رنگی پس از ۵ دقیقه استراحت کامل با استفاده از سرنگ‌های استریل گرفته شد. سرم با استفاده از سانتریفیوژ ۱۵۰۰g برای ۱۵ دقیقه به‌دست‌آمده و در دمای  $-70^{\circ}\text{C}$  درجه سانتی‌گراد برای آنالیزهای بعدی ذخیره شد. میانگین درجه حرارت محل خون‌گیری در هر دو مرحله ۲۲ درجه سانتی‌گراد ثبت شد. برای اندازه‌گیری نشانگرهای زیستی قلبی - عروقی (E-selectin s, ICAM-1) از کیت‌های الایزا، مربوط به شرکت abcam ساخت کشور انگلستان استفاده شد، که حساسیت و دامنه اندازه‌گیری آن‌ها به شرح زیر می‌باشد. برای اندازه‌گیری کمی ICAM-1 سرم، از کیت انسانی ICAM-1 الایزا ab100460 شرکت abcam با حساسیت بیشتر  $pg/ml 200 - 780$  با دامنه اندازه‌گیری  $pg/ml 50000 - 780$  ساخت کشور انگلستان استفاده شد، و برای اندازه‌گیری کمی E-selectin سرم، از کیت انسانی E-selectin الایزا ab100512 شرکت abcam ساخت کشور انگلستان با حساسیت بیشتر از  $pg/ml 30 - 69/24$  با دامنه اندازه‌گیری  $pg/ml 18000 - 69/24$  استفاده شد.

### ب: آثار تمرینات بر سطوح ICAM-1 و E-selectin سرم

در پایان پژوهش در بین مراحل اندازه‌گیری اول و دوم کاهش معنی‌داری در میانگین مولکول چسبان سلولی مشاهده شد، و این تفاوت در مرحله دوم و سوم اندازه‌گیری نسبت به پیش‌آزمون در گروه‌های تمرینی هوازی و تناوبی بود و همچنین تفاوت میانگین‌های گروه‌های تمرینی در مرحله دوم و سوم نسبت به گروه کنترل مشاهده نشد ( $P < 0.05$ ) و تعامل مراحل آزمون و گروه‌های آزمودنی نیز معنادار است. در گروه‌های تمرین در مقایسه با گروه کنترل میزان مولکول چسبان سلولی کاهش یافته است. کاهش در گروه‌های تمرین هوازی تداومی با میزان (۶/۱۳ درصد) و تمرین هوازی تناوبی با میزان (۵/۰۱ درصد) نسبت به پیش‌آزمون معنی‌دار است ( $P < 0.05$ ). در پایان پژوهش در بین مراحل آزمون کاهش معنی‌داری در میانگین E-selectin گروه تداومی ۳/۷ مشاهده شد و این تفاوت نظیر مولکول چسبان در مراحل دوم و سوم اندازه‌گیری نسبت به پیش‌آزمون در گروه‌های تمرینی بود. و همچنین تفاوت میان گروه‌های تمرینی در میان آزمون و پس‌آزمون نسبت به گروه کنترل مشاهده نشد، تعامل مراحل آزمون و گروه‌های آزمودنی نیز معنادار است، کاهش فقط در گروه‌های تمرین تداومی با میزان (۳/۰۷ درصد) و تمرین تناوبی با میزان (۰/۳ درصد) نسبت به پیش‌آزمون غیر معنی‌دار معنی‌دار است ( $P < 0.05$ )، (جدول ۲).

جدول ۳: میانگین  $\pm$  انحراف استاندارد سطوح ICAM-1 و E-selectin سرم

متغیرها		ICAM-1 (نانوگرم بر میلی لیتر)	E-selectin (میکرومولار)
تداومی	قبل از تمرین	۱۸۰/۸±۱۷/۹۲	۱۴/۸±۰/۸۱
	مرحله دوم	۱۶۴/۵±۱۹/۷۸ <sup>ns</sup>	۱۳/۵±۰/۸۴ <sup>ns</sup>
	مرحله سوم	۱۵۹/۴±۲۱/۷۵	۱۳/۵±۰/۸۴
تناوبی	قبل از تمرین	۱۸۴/۸±۱۵/۰۳	۱۵/۶±۱/۳۸
	مرحله دوم	۱۶۴/۰±۱۹/۷۸ <sup>ns</sup>	۱۴/۳±۱/۱۰
	مرحله سوم	۱۶۳/۵±۱۸/۲۴	۱۴/۲±۱/۰۹
کنترل (بدون مداخله)	قبل از تمرین	۱۸۸/۰±۱۱/۸۶	۱۵/۱±۱/۱۱
	مرحله دوم	۱۹۱/۲±۹/۵۶ <sup>ns</sup>	۱۵/۲±۱/۰۱
	مرحله سوم	۱۹۰/۱±۹/۹۷	۱۵/۲±۱/۰۲

\* معنی‌داری تغییرات پیش تا پس آزمون در سطح  $P < 0.05$ ، \$ معنی‌داری مقادیر پس آزمون در هر گروه با گروه کنترل در سطح  $P < 0.05$ ،

### بحث و نتیجه گیری

در پایان این پژوهش معلوم شد که ۸ هفته تمرین به هر دو شیوه تداومی و HIIT به نحو تقریباً مشابهی موجب کاهش سطوح ICAM-1 شد، اما میزان کاهش E-selectin برخلاف گروه تمرین تداومی در گروه HIIT به نحو معنی‌داری کاهش نیافت. نیز یک جلسه تمرین حاد چه با شیوه تداومی و چه با شیوه HIIT تأثیری بر سطوح سرمی این متغیرها نداشت. افزایش عوامل التهابی در نتیجه چاقی مرکزی (احشایی)، ممکن است کلید اثرگذاری فعالیت بدنی بر سطوح متغیرهای پیش‌بینی کننده بیماری‌های قلبی عروقی مانند خانواده ICAM و Selectin باشد؛ با این حال مکانیسم‌های متعددی برای اثرگذاری تمرین ورزشی بر سطوح متغیرهای پژوهش مطرح است (۲۸). در

سال‌های اخیر ارتباط مثبت بین غلظت سرمی عامل فعالیت التهاب عروقی (ICAM-1) و فاکتورهای مرتبط با آن با چاقی به ویژه چاقی مرکزی و تری گلیسیرید خون و رابطه منفی آن با غلظت HDL-C سرم مشخص شده است (۲۹). آثار فعالیت‌های ورزشی بر این شاخص‌ها در پژوهش‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است، با این حال نتیجه‌گیری قطعی را نمی‌توان از این پژوهش‌ها استخراج کرد (۳۱،۳۲،۳۰،۱۸،۱۷،۱۴،۱۳،۸). در پژوهش حاضر در گروه‌های تمرین در مقایسه با گروه کنترل میزان مولکول چسبان سلولی کاهش یافته است.

در پژوهش‌های اخیر تغییر سطوح مولکول‌های چسبان در نتیجه فعالیت‌های ورزشی با شدت کم تا متوسط بدون تغییر (۱۷،۳۳) یا با کاهش معنی‌داری همراه بوده است (۱۷،۱۸،۱۹). ساباتیرو و همکاران (۲۰۰۸) پس از ۱۴ هفته تمرین هوازی با شدت متوسط کاهش معنی‌داری را در سطح VCAM-1 مشاهده نکردند. این در حالی است که عوامل دیگر نظیر مقاومت در برابر جریان خون ۲۸ درصد کاهش و قطر شریان فومورال ۱۲ درصد افزایش یافت (۳۴). برخلاف آن کوه و پارک (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای مروری در زمینه تأثیر فعالیت ورزشی بر مولکول‌های چسبان بیان کردند که فعالیت ورزشی هوازی با شدت کم تا متوسط کاهش این موارد را افزایش می‌دهد و منجر به بهبود عملکرد عرقی می‌شود (۸). در همین زمینه ارتباط بهبود سطوح مولکول‌های چسبان با حداکثر اکسیژن مصرفی، آمادگی جسمانی و در نهایت بهبود عملکرد اندوتلیال گزارش شده است (۳۵). به نظر می‌رسد مکانیسم‌های مختلفی را در کاهش سطوح مولکول‌های چسبان بتوان برشمرد که مستقل از مقدار سطوح اولیه آن باشد. زیرا به نظر می‌رسد که کاهش سطوح مولکول‌های چسبان با سطح اولیه آن همخوانی چندانی نداشته باشد. گزارش شده است که پس از ۱۲ هفته تمرین هوازی در مردان سیگاری که از سطح بالاتر مولکول‌های چسبان برخوردار بودند، هم‌زمان با افزایش آمادگی جسمانی آزمودنی‌ها، تغییر معنی‌داری در VCAM-1 مشاهده نشد (۳۶). از سوی دیگر، پاسخ هوموستازی انسان به فعالیت‌های ورزشی به شدت، مدت و نوع برنامه تمرینی بستگی دارد. به طوری که در پژوهشی با ۲ جلسه فعالیت در هفته به مدت ۶ ماه با اینکه سطوح CRP به عنوان شاخص عمومی التهاب تغییر معنی‌داری نداشت، ولی مقدار ICAM-1 و P-selectin به صورت معنی‌داری تغییر کرد. همچنین همراه کاهش وزن و دور کمر آزمودنی‌ها نیز کاهش ۱۲ درصدی مقدار HDL-C مشاهده شد (۳۷). افزایش فشار برشی پس از ورزش و تأثیر بر نسخه‌برداری مولکول‌های چسبان همراه با تغییرات مفید در جهت کاهش سطح سرمی این مولکول‌ها نیز یکی دیگر از عوامل مؤثر در این زمینه است (۳۸). کاهش سطوح مولکول‌های چسبان در پی تمرینات طولانی مدت بر اساس مکانیسم‌های متفاوت دیگری نیز توجیه شده است که با توجه به رابطه تغییرات این متغیرها با وزن و BMI احتمالاً این موارد نیز در کاهش سطح مولکول‌های چسبان سهیم باشد (۱۵،۱۶). کاهش هم‌زمان ICAM-1 و E-Selectin در گروه تمرین تداومی در مقایسه با کاهش معنی‌دار تنها ICAM-1 نشان‌دهنده مؤثرتر بودن شیوه تداومی نسبت به شیوه تناوبی است. کاهش بیشتر ICAM-1 در گروه تناوبی می‌تواند نشان‌دهنده این امر باشد تغییر سطوح مولکول‌های چسبان بیشتر تحت تأثیر شدت تمرین است؛ در حالی که کاهش معنی‌دار E-Selectin در گروه تداومی می‌تواند نشان‌دهنده این امر باشد که این شاخص تحت تأثیر طول دوره و حجم تمرین است. در همین رابطه کارگر فرد و همکاران (۲۰۱۶)



2. World Health Organizations. Technical report series 894. Obesity, preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. Geneva: World Health Organization; 2000;80(3):1055-81.

3. Chinikar M, Maddah M, Hoda S. Coronary artery disease in Iranian overweight women. *International journal of cardiology* 2006; 113:391-394
4. Steinberger J, Daniels SR. Obesity, insulin resistance, diabetes and cardiovascular risk in children. *Circulation* 2003; 107:1448-53
5. Golia E, Limongelli G, Natale F, et al. Inflammation and cardiovascular disease: from pathogenesis to therapeutic target. *Curr Atheroscler Rep.* 2014; 16(9):435.
6. Galkina E, Ley K. Vascular adhesion molecules in atherosclerosis. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 2007; 27(11):2292-2301.
7. Huo Y, Ley K. Adhesion molecules and atherogenesis. *Acta Physiol Scand.* 2001; 173(1):35-43.
8. Koh Y, Park J. Cell adhesion molecules and exercise. *J Inflamm Res.* 2018; 11: 297-306
9. Hansson GK, Hermansson A. The immune system in atherosclerosis. *Nat Immunol.* 2011;12(3):204-212.
10. Gomes F, Telo DF, Souza HP, Nicolau JC, Halpern A, Serrano Jr CV. Obesidade e doença arterial coronariana: papel da inflamação vascular. *Arq Bras Cardiol* 2010; 94 (2): 273-9.
11. Ziccardi P, Nappo F, Giugliano G, Esposito K, Marfella R, Cioffi M et al. Reduction of inflammatory cytokine concentrations and improvement of endothelial functions in obese women after weight loss over one year. *Circulation* 2002; 105: 804-9.
12. Lima Vieira, Renata Adrielle; Nascimento de Freitas, Renata; Pinheiro Volp, Ana Carolina Adhesion molecules and chemokines: relation to anthropometric, body composition, biochemical and dietary variables *Nutrición Hospitalaria*, 30, 2, 2014., 223-236
13. Duncan BB, Duncan MS, Schmidt MI. Inflamação subclínica, obesidade, diabetes e doenças relacionadas. *Rev Hosp Clin Porto Alegre* 2005; 25 (3): 5-16.
14. Calder PC, Namanjeet Ahluwalia N, Brouns F, Buetler T, Clement K, Cunningham K et al. Dietary factors and low-grade inflammation in relation to overweight and obesity. *Br J Nutr* 2011; 106 (3): 5-78.
15. Ito H, Ohshima A, Inoue M, Ohto N, Nakasuga K, Kaji Y and Maruyama T. weight reduction decreases soluble cellular adhesion molecules in obese women. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* (2002).29, PP.399-404
16. Pontiroli, A. E.; P. Pizzocri; D. Koprivec; P. Vendani; M. Marchi; C. Arcelloni & et al.. "Bodyweight and glucose metabolism have a different on circulating levels of ICAM-1, E-selectin, and endothelin-1 in humans", *Europ J of Endocrinology*, (2004)150,195-200
17. Wang JS, Chen YW, Chow SE, Ou HC, Sheu WH. Exercise paradoxically modulates oxidized low density lipoprotein-induced adhesion molecules expression and trans-endothelial migration of monocyte in men. *Thromb Haemost.* 2005;94(4):846-852.
18. Jilma B, Eichler HG, Stohlawetz P, et al. Effects of exercise on circulating vascular adhesion molecules in healthy men. *Immunobiology.* 1997;197(5):505-512.
19. Gonzalez IP, Madariaga EL, Aviles CR, et al. Eighteen-week exercise and nutritional education program did not modify the serum levels of sVCAM-1 and sCD40-L in subjects with metabolic syndrome. *Labmedicine.*2010;41(4):231-234.
20. Kargarfard M, Lam ETC, Shariat A, et al. Effects of endurance and high intensity training on ICAM-1 and

نشان دادند که در مقایسه با فعالیت استقامتی تمرینات اینتروال تا ۹۵-۸۰ درصد ضربان قلب ذخیره موجب کاهش مولکول‌های چسبان در افراد چاق و طبیعی شده است (۲۰). با این حال به نظر می‌رسد مدت و شدت برنامه‌های تمرینی اینتروال نیز از شیوه اجرای تمرین اهمیت بیشتری داشته باشد، به طوری که در طی ۱۰ هفته و ۳ جلسه در هفته تمرینات تناوبی (۳۵ دقیقه با شدت ۵۰ تا ۷۵ درصد اکسیژن مصرفی اوج) و تناوبی در وهله‌های ۳۰ ثانیه‌ای با همان شدت، عدم تغییر معنی‌دار sICAM-1 در نتیجه تمرینات تناوبی گزارش شد (۲۱). پیرامون تغییرات سطوح ICAM-1 و E-selectin سرم پس از بخش حاد پژوهش (مرحله دوم تا مرحله سوم) در نتیجه اجرای یک جلسه تمرین شدید معنی‌دار نبود. تعداد محدودی از پژوهش‌ها عدم تغییر سطوح ICAM-1 و E-selectin سرم را در پی اجرای تمرینات پر شدت گزارش کرده‌است (۳۹، ۱۷). گرچه بخش اعظمی از آن‌ها افزایش حاد این عوامل را پس از تمرینات گزارش کرد (۴۰، ۴۱). ولی شدت تمرین همیشه عامل افزایش سطوح عوامل التهابی نبوده و افزایش سطوح ICAM-1 سرم پس از ۲۶۴ کیلومتر راه رفتن سریع با شدت متوسط در ۲۰ دوندۀ مرد نیز مشاهده شده است (۴۱). در برخی پژوهش‌ها نیز افزایش حاد سطوح مولکول‌های چسبان و عوامل همراه آن را وابسته به سطح اولیه و نوع آن‌ها معرفی نموده است. برای نمونه در برخی پژوهش‌ها تغییر ICAM-1 سرم بدون تغییر در سطوح VCAM-1 و E-selectin گزارش شده است و تغییر مستقیم آدرنوسپتور لئوسیت‌ها<sup>۱</sup> یا سلول‌های اندوتلیال علت آن معرفی شده است (۴۲). گرچه افزایش سطوح سلکتین‌ها با تمرینات شدید ممکن است منجر به فعال‌سازی پلاکت‌ها شود و آثار منفی بر سلامت قلبی عروقی داشته باشد (۳۲، ۴۳). به نظری رسد آثار آمادگی جسمانی قلبی آزمودنی‌های پژوهش موجب شده تا عدم افزایش در عوامل التهابی حتی پس از یک جلسه تمرین و امانده ساز مشاهده شود. با توجه به رابطه چاقی مرکزی، پیشنهاد می‌شود که این پژوهش با جوامع با خطر بالای بیماری قلبی عروقی مانند افراد دچار سندرم متابولیک و بیماران پیش دیابتی و دیابتی با استفاده از روش‌های تمرینی ایمن‌تر سنجیده شود. در این پژوهش تغییرات  $VO_{2MAX}$ ، در طول دوره پژوهش اندازه‌گیری نشد، لذا به نظر می‌رسد که اندازه‌گیری این شاخص بتواند ضمن تبیین میزان اثرگذاری شیوه بکار گرفته شده، ارتباط بین عوامل آمادگی جسمانی و متغیرهای وابسته پژوهش را روشن کند.

دوره‌های فعالیت‌های ورزشی تناوبی به نحو مؤثرتری موجب کاهش سطوح مولکول‌های چسبان در مقایسه با تمرینات HIIT می‌شود. یک جلسه تمرین حاد در هیچ‌کدام از روش‌های تمرین (تناوبی و HIIT) موجب تغییر سطوح سرمی ICAM1 و E-Selectin نمی‌شود.

### تشکر و قدردانی: از تمامی شرکت کنندگان و کسانی که ما را در

اجرای این پژوهش یاری کردند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

**تعارض منافع:** نویسندگان این مقاله، هیچ نفع متقابلی از انتشار آن ندارند.

### منابع

1. Azizi F, Salehi P, Etemadi A, Zahedi-Asl S. Prevalence of metabolic syndrome in an urban population: Tehran Lipid and Glucose Study. *Diabetes Res Clin Pract* 2003; 61:29-37.

- fibrinolysis activation in ultraendurance athletes. *Thromb Res.* 1999;94(4):263–269.
- 36-Christopher JK, Hame tt, Prapavessis H, Chris Bald J, Varo N, Schoenbeck V, Ameratunga R, French JK, White HD and Stewart R. “Effects of exercise training on 5 inflammatory markers associated with cardiovascular risk”. *American heart J.* 2006, Vol 151, Issue 2, 367.e7-367.e16
  37. Zoppini G, Targher G, Zamboni C, Venturi C, Cacciatori V, Moghetti P, and Muggeo, M (2006). Effects of moderate-intensity exercise training on plasma biomarkers of inflammation and endothelial dysfunction in order patients with type 2 diabetes. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases.* 16:543 – 549.
  38. Dhawan Saurabh S, Avati Nanjundappa Ravi P, Branch Jonathan R, Taylor W Robert, Quyyumi Arshed A & et al. Shear stress and plaque development. *Expert Review of Cardiovascular Therapy.* 2010 april; 8(12): p. 545-556.
  39. Gabriel B, Ratkevicius A, Gray P, Frenneaux MP, Gray SR. Highintensity exercise attenuates postprandial lipaemia and markers of oxidative stress. *Clin Sci (Lond).* 2012;123(5):313–321.
  40. Simpson RJ, Florida-James GD, Whyte GP, Guy K. The effects of intensive, moderate and downhill treadmill running on human blood lymphocytes expressing the adhesion/activation molecules CD54 (ICAM-1), CD18 (beta2 integrin) and CD53. *Eur J Appl Physiol.* 2006;97(1):109–121.
  41. Anastasia I. Bartzeliotoua, Alexandra P. Margelia, I, Maria Tsironib, Katerina Skenderic, Chryssa Bacoulad, George P. Chrousosd and Ioannis Papassotiriou. Circulating levels of adhesion molecules and markers of endothelial activation in acute inflammation induced by prolonged brisk exercise. *Clinical Biochemistry.* 2007 July; 40(11): p. 765-770.
  42. Rehman J, Mills PJ, Carter SM, Chou J, Thomas J, Maisel AS. Dynamic exercise leads to an increase in circulating ICAM-1: further evidence for adrenergic modulation of cell adhesion. *Brain Behav Immun.* 1997;11(4): 343–351.
  43. Kirkpatrick UJ, Mossa M, Blann AD, McCollum CN. Repeated exercise induces release of soluble P-selectin in patients with intermittent claudication. *Thromb Haemost.* 1997;78(5):1338–1342.
  - VCAM-1 levels and arterial pressure in obese and normal weight adolescents. *Phys Sportsmed.* 2016;44(3):208–216.
  21. Aksoy S, Findikoglu G, Ardic F, Rota S, Dursunoglu D. Effect of 10-week supervised moderate-intensity intermittent vs. continuous aerobic exercise programs on vascular adhesion molecules in patients with heart failure. *Am J Phys Med Rehabil.* 2015;94(10 Suppl 1):898–911.
  22. Simpson RJ, Florida-James GD, Whyte GP, Guy K. The effects of intensive, moderate and downhill treadmill running on human blood lymphocytes expressing the adhesion/activation molecules CD54 (ICAM-1), CD18 (beta2 integrin) and CD53. *Eur J Appl Physiol.* 2006;97(1):109–121.
  23. Brevetti G, De Caterina M, Martone VD, et al. Exercise increases soluble adhesion molecules ICAM-1 and VCAM-1 in patients with intermittent claudication. *Clin Hemorheol Microcirc.* 2001;24(3):193–199.
  24. Jilma B, Eichler HG, Stohlawetz P, et al. Effects of exercise on circulating vascular adhesion molecules in healthy men. *Immunobiology.* 1997;197(5):505–512.
  25. Centers for Disease Control and Prevention. *Physical Activity and Health: Report of the Surgeon General.* Atlanta GA: Centers for Disease Control and Prevention, US Department of Health and Human Services, 1996. (S/N 017-023-00196-5)
  26. National Institutes of Health. *Physical activity and cardiovascular health.* NIH Consens Statement. 1995, 13: 1–33.
  27. Robinson JG, Williams KJ, Gidding S, Borén J, Tabas I, Fisher EA, et al. Eradicating the burden of atherosclerotic cardiovascular disease by lowering apolipoprotein B lipoproteins earlier in life. *Journal of the American Heart Association.* 2018;7(20):9778.
  28. Antonio E. Pontiroli & Francesca Frigè & Michele Paganelli & Franco Folli. In *Morbid Obesity, Metabolic Abnormalities and Adhesion Molecules Correlate with Visceral Fat, Not with Subcutaneous Fat: Effect of Weight Loss Through Surgery.* *OBES SURG.* 2009; 19: p. 745–750.
  29. Goto C, Higashi Y, Kimura M. Effect of different intensities of exercise on endothelium-dependent vasodilatation in humans: role of endothelium-dependent nitric oxide and oxidative stress. *Circulation;* 2003, 108:530 -535.
  30. Amirsasan R, Khodaei O, Vakili J. Comparing Effect of High Intensity Interval Training (HIIT) and aerobic continuous training on lipid profile, physiological indicators and aerobic and anaerobic performance in sedentary male. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology.* 2017;4(1):29-36.
  31. Zarineh F, Avandi SM, Ebrahimi M. The effect of eight weeks high-intensity interval training with milk supplementation on Appetite and Body Composition in obese women. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology.* 2017;(4)1:82-90.
  32. Najafi L, Azizi M, Tahmasebi W. The effect of 6 weeks HIIT training in the conditions of hypoxia and normoxia on liver enzymes levels and lipid profiles in overweight women. 2016; (3)2:56-63
  33. Gonzalez IP, Madariaga EL, Aviles CR, et al. Eighteen-week exercise and nutritional education program did not modify the serum levels of sVCAM-1 and sCD40-L in subjects with metabolic syndrome. *Labmedicine.* 2010;41(4):231–234.
  34. Sabatier, M.J, Schwark EH, Lewis R, Sloan G, Cannon J, and McCully K Femoral artery remodeling after aerobic exercise training without weight loss in women. *Dynamic Medicine.* (2008): 7-13.
  35. Mckel M, Ulrich NV, Rocker L, et al. Exhaustive cycle exercise induces P-selectin expression, coagulation, and

