

## پاسخ متغیرهای همورئولوژیک به فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه در افراد چاق و دارای اضافه‌وزن

سجاد احمدی‌زاد<sup>۱</sup>، زهرا امرایی<sup>۲</sup>، مینو باسامی<sup>۳</sup>

۱. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه شهید بهشتی تهران\*

۲. کارشناسی‌ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه شهید بهشتی تهران

۳. استادیار تغذیه ورزشی، دانشگاه علامه طباطبایی ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۲۵

### چکیده

هدف پژوهش حاضر، تعیین تأثیر فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه بر عوامل همورئولوژیک بود. تعداد ۱۲ آزمودنی با شاخص توده بدنی  $30 \pm 3$  کیلوگرم/مترمربع و میانگین سنی  $32/9 \pm 7/1$  سال، پس از تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی برای بالاتنه و پایین‌تنه، فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه را در دو جلسه مجزا با فاصله یک هفته انجام دادند. فعالیت تناوبی شامل پنج تکرار بود که فعالیت به مدت دو دقیقه و با شدت ۸۵ درصد اکسیژن مصرفی و ریکاوری چهار دقیقه با شدت ۴۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی بود. نمونه‌های خونی قبل و بلافاصله بعد از فعالیت گرفته شدند و برای تعیین فاکتورهای موردنظر آنالیز شدند. نتایج نشان داد که صرف‌نظر از نوع فعالیت ورزشی، فعالیت تناوبی باعث افزایش معنادار هماتوکریت، ویسکوزیته پلاسما، تعداد گلبول‌های قرمز، لاکتات، شاخص خشکی Tk و کاهش معنادار فیبرینوژن شد ( $P < 0.05$ )؛ اما فعالیت بر ویسکوزیته خون، تجمع‌پذیری و انعطاف‌پذیری گلبول‌های قرمز، هموگلوبین، فراهمی اکسیژن بافتی و فشارخون سیستولی تأثیر معناداری نداشت ( $P > 0.05$ ). همچنین، بین پاسخ مقادیر ویسکوزیته خون، هماتوکریت، هموگلوبین، فراهمی اکسیژن بافتی، تجمع‌پذیری و انعطاف‌پذیری گلبول‌های قرمز، شاخص Tk، لاکتات، فیبرینوژن و فشارخون سیستولی فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه در دو جلسه تفاوت معناداری وجود نداشت ( $P > 0.05$ )؛ اما تغییرات ویسکوزیته پلاسما در فعالیت پایین‌تنه و تعداد گلبول‌های قرمز در فعالیت بالاتنه تفاوت معناداری با جلسه دیگر داشتند ( $P < 0.05$ )؛ بنابراین، فعالیت تناوبی شدید به دلیل ریکاوری فعال تأثیر منفی بر متغیرهای همورئولوژیک ندارد. همچنین، فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه به‌طور مشابهی بر متغیرهای همورئولوژیک اثر می‌گذارند.

**واژگان کلیدی:** ویسکوزیته خون، فعالیت تناوبی با شدت بالا، فعالیت بالاتنه، فعالیت پایین‌تنه، چاقی

### مقدمه

رئولوژی<sup>۱</sup> علم جریان و تغییر شکل ماده است. همورئولوژی<sup>۲</sup> ویژگی‌های جریان خون را شرح می‌دهد و عواملی را که در جریان خون نقش دارند، بررسی می‌کند. مهم‌ترین فاکتورهای همورئولوژی عبارت‌اند از: ویسکوزیته خون، ویسکوزیته پلاسما، تجمع‌پذیری و انعطاف‌پذیری گلبول‌های قرمز و هماتوکریت خون. ویسکوزیته خون مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده رئولوژی خون است و هرچه مقدار آن بیشتر باشد، آثار نامطلوبی بر جریان خون و توزیع اکسیژن به بافت‌ها می‌گذارد (۱). پژوهش‌های انجام‌شده روی ورزشکاران نشان داده‌اند که ویسکوزیته پلاسما و هماتوکریت، دو عامل اصلی افزایش ویسکوزیته کل خون در پاسخ به فعالیت ورزشی با شدتی که سطح لاکتات خون کمتر از سه میلی‌مول در لیتر باشد، هستند (۳، ۲). دیواره گلبول قرمز حاوی آستری از بار منفی است که باعث می‌شود همیشه بین گلبول‌های قرمز یک نیروی دافعه وجود داشته باشد. زمانی که آستر بار منفی از بین برود، باعث افزایش تجمع‌پذیری یا به عبارتی، چسبندگی گلبول‌های قرمز به هم می‌شود (۴). افزایش اسیدلاکتیک و فیبرینوژن خون موجب افزایش تجمع گلبول‌های قرمز می‌شود (۵). افزایش تجمع گلبول‌های قرمز خون ممکن است به جریان خون مویرگی آسیب برساند و موجب کاهش اکسیژن آزادشده به بافت شود که با کاهش در تغییر شکل گلبول‌های قرمز خون همراه است. به‌طور کلی، ارتباط بسیار زیادی بین همورئولوژی و رخدادهای قلبی-عروقی به‌اثبات رسیده است و ویسکوزیته خون، پلاسما و فیبرینوژن به‌عنوان تعیین‌کننده‌های غیرمستقیم بیماری‌های قلبی-عروقی پذیرفته شده‌اند. تأثیر کوتاه‌مدت فعالیت ورزشی بر تعادل تجمع‌پذیری گلبول‌های قرمز خون و افزایش لاکتات خون در طول فعالیت ورزشی ممکن است توزیع و جریان دینامیک در شبکه گردش خون مویرگی را مختل کند و در انتقال اکسیژن به بافت‌ها اختلال ایجاد کند. همچنین، زمانی که فاکتورهای التهابی در طی فعالیت ورزشی افزایش یابند، در نهایت باعث افزایش فیبرینوژن خون و افزایش تجمع‌پذیری گلبول‌های قرمز می‌شوند (۲-۷). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که فعالیت ورزشی با شدت‌ها و مدت‌های مختلف به‌طور معمول با افزایش ویسکوزیته پلاسما و هماتوکریت همراه است که اغلب از کاهش مایع ناشی می‌شود و با عنوان افزایش غلظت خون یا هموکانسنتریشن شناخته می‌شود. توزیع مجدد گلبول‌های قرمز خون در درون بستر عروقی، انقباض طحال، رهایی پروتئین‌های تازه به گردش خون، خروج مایع از سیستم عروقی به فضای داخل سلولی، ذخیره‌شدن آب در داخل سلول‌های عضله و کاهش آب از طریق تبخیر و تنفس برای تنظیم گرمای بدن، از دیگر عوامل اثرگذار بر ویسکوزیته پلاسما و خون طی فعالیت ورزشی هستند (۱۲-۸، ۵، ۳).

---

1. Rheology

2. Hemorheology

اختلال در فاکتورهای همورئولوژیک باعث بروز بسیاری از بیماری‌های قلبی- عروقی می‌شود. گرفتگی عروق و افزایش ویسکوزیته خون از عوامل اصلی سکتة قلبی محسوب می‌شوند. از طرفی، چاقی از فاکتورهای خطرناک‌تر گرفتگی عروق است. در افراد چاق، علاوه بر انسداد عروقی و تشکیل لخته خون، ویسکوزیته خون به دلیل بالابودن مقدار فیبرینوژن بیشتر از افراد طبیعی است (۱۳). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که در اکثر بیماران مبتلا به نارسایی‌های عروق و ایسکمی قلبی همواره ویسکوزیته خون، ویسکوزیته پلاسما، هماتوکریت، تجمع‌پذیری گلبول‌های قرمز و غلظت فیبرینوژن خون زیاد است. یکی از مهم‌ترین راه‌های درمانی در بیماران قلبی- عروقی فعالیت بدنی است. مطالعات گذشته روش‌های گوناگونی را از جمله تمرین استقامتی تداومی یا تناوبی طولانی‌مدت و برخی ترکیبی از تمرین‌های استقامتی، مقاومتی و قدرتی پیشنهاد کرده‌اند. با توجه به شرایط خطرناک این بیماران، لازم است بهترین برنامه ورزشی در نظر گرفته شود. فعالیت ورزشی حاد در بیماران مبتلا به نارسایی عروق کرونر باعث افزایش ویسکوزیته خون، ویسکوزیته پلاسما، فیبرینوژن خون و فاکتور وون ویلبراند می‌شود؛ درحالی‌که فعالیت ورزشی بلندمدت باعث کاهش ویسکوزیته خون و پلاسما، افزایش بهبود عملکرد و توان هوازی و کاهش هماتوکریت، افزایش برون‌ده قلبی و کاهش مقاومت عروقی می‌شود. به نظر می‌رسد که کاهش مقاومت عروقی با فعالیت ورزشی با شدت بالا امکان‌پذیر است؛ درحالی‌که فعالیت ورزشی شدید باعث افزایش فعالیت سیستم انعقادی می‌شود که برای بیماران قلبی- عروقی مضر است. فعالیت ورزشی باعث کاهش پلاسما و افزایش فاکتورهای التهابی می‌شود؛ درحالی‌که دوره ریکاوری باعث افزایش پلاسما و کاهش فاکتورهای التهابی می‌شود. به نظر می‌رسد که فعالیت تناوبی به دلیل داشتن دوره ریکاوری باعث افزایش ویسکوزیته خون، ویسکوزیته پلاسما و سیستم انعقادی نمی‌شود که این می‌تواند برای بیماران قلبی- عروقی مفید باشد (۱۶-۱۳، ۳). بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده نشان داده‌اند که همواره اختلاف‌های فیزیولوژیک بین فعالیت‌های ورزشی بیشینه و زیربیشینه بالاتنه و پایین‌تنه وجود دارد (۱۷). ضربان قلب، فشارخون سیستولی و دیاستولی، حداکثر اکسیژن مصرفی و غلظت لاکتات خون، در برون‌ده توانی برابر هنگام فعالیت ورزشی با دست (بالاتنه) و فعالیت ورزشی با پا (پایین‌تنه) متفاوت هستند؛ به طوری‌که دستگاه قلبی- عروقی حین فعالیت ورزشی بالاتنه بیشتر تحت فشار قرار می‌گیرد (۲۳-۱۸).

هنگام انجام فعالیت‌های ورزشی پا در مقایسه با فعالیت‌های ورزشی دستی، توده عضلات فعال بزرگ‌تر و بیشتری درگیرند و همین مسئله ممکن است دلیل اختلاف‌های فیزیولوژیک در پاسخ به فعالیت ورزشی بالاتنه و پایین‌تنه باشد. همچنین، در فعالیت ورزشی بالاتنه، کارایی مکانیکی (برای مثال نسبت بین برون‌ده کار خارجی و هزینه کالریک یا حداکثر اکسیژن مصرفی)، کمتر از فعالیت ورزشی پایین‌تنه است (۲۴، ۲، ۱). عضلات بالاتنه انرژی خود را بیشتر از مسیر گلیکولیز تأمین می‌کنند؛ درحالی‌که عضلات پایین‌تنه متکی بر متابولیسم چربی‌ها هستند (۲۱). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که در

فعالیت ورزشی بالاتنه میزان ضربان قلب، درک خستگی و فشارخون نسبت به فعالیت ورزشی پایین تنه بیشتر است؛ درحالی که در فعالیت ورزشی پایین تنه میزان اکسیژن مصرفی، میانگین هموگلوبین سلولی و آستانه لاکتات بالاتر هستند (۲۴، ۲۳، ۱۸).

فعالیت تناوبی شدید<sup>۱</sup> (HIIIE) فعالیتی است که شامل دو مرحله فعالیت شدید و ریکاوری با شدت متوسط تا پایین است که با توجه به هدف، تعداد تکرار این فعالیت برنامه ریزی می شود. بزرگترین مزیت فعالیت HIIIE در مقایسه با سایر فعالیتها انجام دادن فعالیت ورزشی بیشتر با شدت بالا است و افراد می توانند این فعالیت را با خستگی کمتر انجام دهند؛ بنابراین، فعالیت HIIIE با تحریکات فیزیولوژیک بسیار بیشتری همراه است. دستکاری شدت، مدت فعالیت و زمان برگشت به حالت اولیه بین وهله های فعالیت، نیازهای تارهای عضلانی و مسیرهای متابولیک را تغییر می دهد. امروزه، پژوهشها نشان داده اند که HIIIE به طور قابل ملاحظه ای باعث افزایش اکسیداسیون چربی بدن شده است و اینکه فعالیت HIIIE نسبت به فعالیت تداومی با هزینه انرژی بیشتری همراه است (۲۶، ۲۵، ۱۵-۱۳). تاکنون پژوهشهای زیادی در مورد تأثیر فعالیت تناوبی بر چاقی و بیماریهای قلبی- عروقی انجام شده اند؛ ولی تنها دو مطالعه تأثیر فعالیت HIIIE بر فاکتورهای همورئولوژیک را بررسی کرده اند و نشان داده اند که فعالیت تناوبی با شدت بالا موجب کاهش فیبرینوژن و افزایش سایر فاکتورهای همورئولوژیک می شود (۲۸، ۲۷) و این تغییرات به نسبت فعالیت به استراحت فعالیت تناوبی وابسته است (۲۸).

از آنجایی که فشار فیزیولوژیک فعالیت بالاتنه نسبت به پایین تنه از نظر متابولیک (اسیدلاکتیک) و همودینامیک (فشارخون) بالاتر است و بالاتر بودن این متغیرها با افزایش پاسخ متغیرهای همورئولوژیک همراه است و نیز پژوهشها نشان داده اند که فعالیت تناوبی باعث افزایش متغیرهای همورئولوژیک می شود که با خطر قلبی- عروقی مرتبط هستند؛ بنابراین، انتظار ما این است که پاسخ متغیرهای همورئولوژیک به فعالیت بالاتنه بیشتر از پایین تنه باشد. به همین دلیل و اینکه تاکنون هیچ پژوهشی به مقایسه پاسخهای متغیرهای همورئولوژیک به این دو فعالیت نپرداخته است، در پژوهش حاضر در نظر است پاسخهای این متغیرها به دو فعالیت تناوبی شدید بالاتنه و پایین تنه در افراد چاق و دارای اضافه وزن بررسی شود.

## روش پژوهش

آزمودنیهای این پژوهش ۱۲ نفر (نه زن و سه مرد) با شاخص توده بدنی  $30 \pm 3$  کیلوگرم بر مترمربع و میانگین سنی  $32/9 \pm 7/1$  بودند که به صورت داوطلبانه و از طریق اطلاعیه در این پژوهش شرکت

کردند. آزمودنی‌ها قبل از شرکت در مطالعه پرسش‌نامه سلامت و فعالیت بدنی و رضایت‌نامه شرکت در این پژوهش را تکمیل کردند. آزمودنی‌ها سابقه ابتلا به بیماری‌های قلبی، پرفشارخونی، متابولیک، تنفسی و عفونی نداشتند و غیرسیگاری بودند.

قبل از انجام فعالیت، در دو جلسه مجزا، حداکثر اکسیژن مصرفی (متالایزر<sup>۱</sup>، کورتکس، آلمان) برای بالاتنه و پایین تنه آزمودنی‌ها روی دو چرخه کارسنج دستی و پایی (ارگومتریک ۸۳۹- ایی<sup>۲</sup>، ساخت سوئد) اندازه‌گیری شد. برای تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی بالاتنه مقدار بار کار اولیه برای خانم‌ها و آقایان به ترتیب ۱۰ و ۲۰ وات بود. به ازای هر دو دقیقه، برای خانم‌ها ۱۰ وات و برای آقایان ۲۰ وات به بار کار اضافه شد. همچنین، برای تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی پایین تنه، مقدار بار کار اولیه برای خانم‌ها و آقایان به ترتیب ۲۵ و ۵۰ وات بود. به ازای هر دو دقیقه، ۲۵ وات به بار کار هم برای خانم‌ها و هم برای آقایان اضافه شد. میانگین حداکثر اکسیژن مصرفی برای بالاتنه و پایین تنه به ترتیب برابر با  $5/56 \pm 17/5$  و  $4/24 \pm 22/6$  میلی لیتر بر کیلوگرم در دقیقه بود.

برای تعیین آزمون مناسب براساس ویژگی‌های افراد، آزمون موردنظر روی چند نفر از آزمودنی‌ها به صورت آزمایشی اجرا شد. از آنجایی که آزمودنی‌های پژوهش حاضر در چندین جلسه مکرر برای تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی شرکت کردند، برای جلوگیری از اثر یادگیری آزمون و خستگی بر نتایج، جلسه‌ها به صورت متقاطع<sup>۳</sup> اجرا شدند؛ بدین صورت که آزمودنی‌هایی که آزمون برای تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی بالاتنه را انجام داده‌اند، جلسه بعدی آزمون برای تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی پایین تنه را انجام می‌دادند و برعکس. فاصله بین جلسه‌ها، حداقل سه روز بود. یک هفته بعد از تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی، آزمودنی‌ها برای انجام فعالیت تناوبی به آزمایشگاه مراجعه کردند. در جلسه فعالیت تناوبی، قبل از شروع فعالیت، آزمودنی‌ها به مدت ۲۰ دقیقه استراحت داشتند که پس از آن فشارخون و نمونه خونی اول گرفته شدند. سپس، پنج دقیقه گرم کردن انجام شد که شامل حرکات کششی و پویا بود. مدت زمان فعالیت تناوبی ۳۰ دقیقه بود که شامل دو دقیقه فعالیت با شدت ۸۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی و چهار دقیقه ریکاوری فعال با شدت ۴۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی بود. در زمان فعالیت، گازهای تنفسی توسط گاز آنالیزر (متالایزر، کورتکس، ساخت آلمان) جمع‌آوری و ثبت شدند. در انتهای هر شش دقیقه فعالیت، میزان درک فشار (مقیاس بورگ) در برگه ثبت اطلاعات درج شد. بعد از اتمام فعالیت، بلافاصله نمونه خونی دوم و فشارخون گرفته شدند.

---

1. Metalyzer 3B-R  
2. Ergometric 839E  
3. Cross Over

نحوه جمع‌آوری و آنالیز نمونه‌های خونی: خون‌گیری (هشت میلی‌لیتر) قبل و بلافاصله بعد از فعالیت در حالت نشسته و از ورید آنتی‌کوبیتال بازویی انجام شد. بلافاصله پس از خون‌گیری، برای ارزیابی فاکتورهای هماتولوژیک و همورئولوژیک و فیبرینوژن، پلاسما در سه لوله مجزا (EDTA، EDTA K<sub>2</sub><sup>1</sup>، EDTA K<sub>3</sub>، لوله حاوی سیترات سدیم) ریخته شد. دو میلی‌لیتر برای اندازه‌گیری فیبرینوژن پلاسما در لوله حاوی سیترات سدیم، دو میلی‌لیتر برای اندازه‌گیری فاکتورهای هماتولوژیک و لاکتات خون در لوله EDTA K<sub>3</sub> و چهار میلی‌لیتر نیز برای اندازه‌گیری فاکتورهای همورئولوژیک در لوله EDTA K<sub>2</sub> ریخته شد. برای اندازه‌گیری فاکتورهای همورئولوژیک که شامل هماتوکریت، هموگلوبین و شمارش گلبول‌های قرمز می‌شود، از دستگاه شمارشگر سلولی (مدل سل کانتر، سیستم ایکس)<sup>۲</sup> استفاده شد. برای اندازه‌گیری میزان ویسکوزیته خون در گرادیان سرعت ۲۲۲ و ویسکوزیته پلاسما، از دستگاه ویسکومتر (مدل بروکفیلد<sup>۳</sup>، ساخت کشور آمریکا) استفاده شد. برای اندازه‌گیری ویسکوزیته پلاسما، نمونه خونی با استفاده از دستگاه سانتیفریوژ (۱۶ کاناله بویکو<sup>۴</sup> ساخت کشور آلمان) با سرعت ۳۰۰۰ g و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت پنج دقیقه سانتیفریوژ شد. برای اندازه‌گیری میزان تجمع و انعطاف‌پذیری گلبول‌های قرمز از دستگاه تجمع‌سنج (رئواسکن<sup>۵</sup>، ساخت کشور کره جنوبی) استفاده شد. برای اندازه‌گیری فیبرینوژن پلاسما از کیت استاگو (ساخت کشور فرانسه) به روش لخته‌شدن<sup>۶</sup> استفاده شد. برای اندازه‌گیری لاکتات از کیت میکروپلیتی زل‌بیو<sup>۷</sup> (ساخت کشور آلمان) و به روش رنگ‌سنجی آنزیمی استفاده شد.

برای اندازه‌گیری فراهمی اکسیژن بافتی<sup>۸</sup> و تعیین شاخص Tk از فرمول‌های مرتبط استفاده می‌شود (۶، ۷).

ویسکوزیته خون / هماتوکریت = فراهمی اکسیژن بافتی

$$\text{Tk} = \frac{(M^1)^4}{(M^2)^4} \times \text{هماتوکریت}$$

M = ویسکوزیته پلاسما / ویسکوزیته خون

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار تحلیل آماری در علوم اجتماعی (اس.پی.اس.اس.)<sup>۹</sup> نسخه ۱۶ تجزیه و تحلیل شدند. برای تعیین طبیعی بودن داده‌ها از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف<sup>۱۰</sup> استفاده شد.

1. Ethilen Diamine Tetraetic Acid
2. Cell Counter Sysmex XT-1800i
3. Brookfield Dv3t
4. BOECO
5. RheoScan – AnD 300
6. Clotting Assay
7. Zellbio
8. Oxygen Supply to Tissue
9. SPSS: Statistical Package for the Social Sciences
10. Kolmogorov-Smirnov

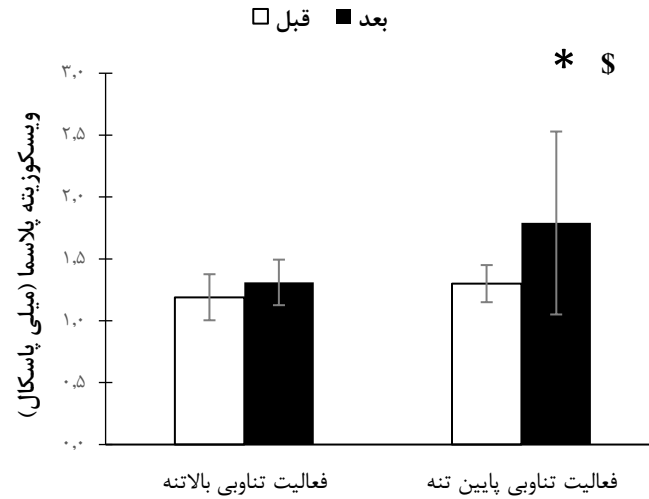
برای مقایسه پاسخ تمامی فاکتورها به دو جلسه فعالیت از آزمون آنوای<sup>۱</sup> مکرر  $2 \times 2$  استفاده شد. در صورت معناداری، برای تعیین محل تفاوت از آزمون بونفرونی<sup>۲</sup> استفاده شد. سطح معناداری  $P < 0.05$  در نظر گرفته شد.

## نتایج

تحلیل آماری پژوهش حاضر نشان داد که صرف نظر از نوع فعالیت ورزشی (بالاتنه یا پایین تنه)، فعالیت تناوبی باعث افزایش معنادار هماتوکریت، ویسکوزیته پلاسما، تعداد گلبول‌های قرمز، لاکتات و شاخص خشکی Tk و کاهش معنادار فیبرینوژن شد ( $P < 0.05$ )؛ اما تأثیر معناداری بر ویسکوزیته خون (شکل شماره یک)، تجمع‌پذیری و انعطاف‌پذیری گلبول‌های قرمز، هموگلوبین، فراهمی اکسیژن بافتی و فشارخون سیستولی نداشت ( $P > 0.05$ ). همچنین، مقایسه دو جلسه فعالیت نشان داد که بین پاسخ‌های ویسکوزیته خون، هماتوکریت، هموگلوبین، فراهمی اکسیژن بافتی، تجمع‌پذیری و انعطاف‌پذیری گلبول‌های قرمز، شاخص Tk، لاکتات، فیبرینوژن و فشارخون سیستولی به فعالیت بالاتنه و پایین تنه تفاوت معناداری وجود نداشت ( $P > 0.05$ )؛ اما بین پاسخ ویسکوزیته پلاسما و تعداد گلبول‌های قرمز تفاوت معناداری وجود داشت ( $P < 0.05$ ). ویسکوزیته پلاسما در فعالیت پایین تنه افزایش بیشتری نسبت به فعالیت بالاتنه داشت (جدول شماره دو)؛ با این حال، تعداد گلبول‌های قرمز خون در فعالیت بالاتنه نسبت به فعالیت پایین تنه افزایش بیشتری داشت.

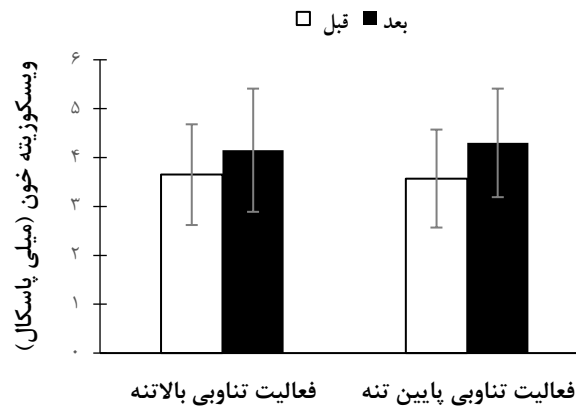
---

1. ANOVA  
2. Bonferroni



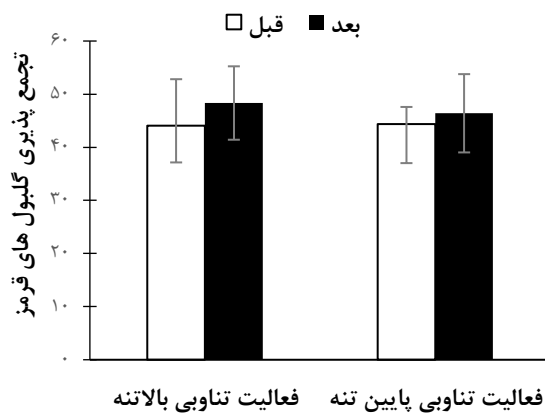
شکل ۱- مقادیر (میانگین  $\pm$  انحراف معیار) ویسکوزیته پلاسما قبل و بعد از فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین تنه

\* تفاوت معناداری بین قبل و بعد از فعالیت  
 \$ تفاوت معناداری بین فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین تنه

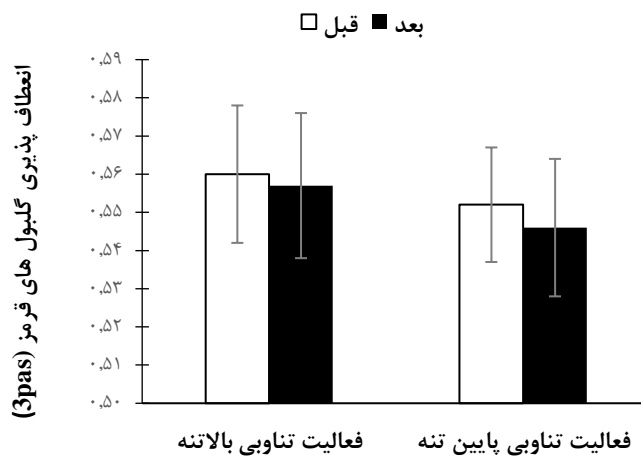


شکل ۲- مقادیر (میانگین  $\pm$  انحراف معیار) ویسکوزیته خون قبل و بعد از فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین تنه





شکل ۳- مقادیر (میانگین  $\pm$  انحراف معیار) تجمع پذیری گلبول های قرمز قبل و بعد از فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین تنه



شکل ۴- مقادیر (میانگین  $\pm$  انحراف معیار) انعطاف پذیری گلبول های قرمز قبل و بعد از فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین تنه

جدول ۱- مقادیر (میانگین  $\pm$  انحراف معیار) فاکتورهای هماتولوژیک و بیوشیمیایی قبل و بعد از فعالیت

تناوبی بالاتنه و پایین تنه

متغیرها	فعالیت تناوبی بالاتنه		فعالیت تناوبی پایین تنه	
	قبل	بعد	قبل	بعد
فیبرینوژن خون (میلی گرم بر دسی لیتر)	۲۷۴/۵۳ $\pm$ ۸/۲۶	۲۵۸/۵۴ $\pm$ ۶/۸۶	۲۳۳/۷۱ $\pm$ ۱/۱۶	۲۱۳/۲۴ $\pm$ ۱/۱۷*
تعداد گلبول های قرمز ( $\times 10^6$ در لیتر)	۴/۸۲ $\pm$ ۰/۵۵	۵/۱۲ $\pm$ ۰/۶۵*	۴/۷۲ $\pm$ ۰/۵۲	۴/۸۹ $\pm$ ۰/۵۶*
هماتوکریت (درصد از حجم خون)	۳۹/۴	۴۱/۵۱*	۳۷/۷۱	۴۰/۲۳
هموگلوبین (گرم بر دسی لیتر)	۱۳/۴۹ $\pm$ ۱/۲	۱۴/۲۵ $\pm$ ۱/۶	۱۳/۲۶ $\pm$ ۱/۱	۱۳/۸۱ $\pm$ ۱/۳
شاخص Tk	۰/۰۰۸ $\pm$ ۰/۰۰۱	۰/۰۰۸ $\pm$ ۰/۰۰۱	۰/۰۰۹ $\pm$ ۰/۰۰۱	۰/۰۰۷ $\pm$ ۰/۰۰۲
فراهمی اکسیژن بافتی (اکسیژن / میلی لیتر در خون)	۸/۸۶ $\pm$ ۴/۶	۹/۲۰ $\pm$ ۵/۲۹	۷/۹۴ $\pm$ ۴/۶	۷/۶۴ $\pm$ ۴/۳۹
لاکتات خون (میلی مول بر لیتر)	۳/۵۲ $\pm$ ۱/۱۸	۵/۲۲ $\pm$ ۲*	۳/۰۱ $\pm$ ۰/۶	۵/۳۱ $\pm$ ۱/۵*
فشارخون سیستولی (میلی متر جیوه)	۱۱/۱ $\pm$ ۲	۱۲/۸ $\pm$ ۲/۲	۱۰/۸ $\pm$ ۱/۳	۱۱/۶ $\pm$ ۱/۶

\* تفاوت معناداری بین قبل و بعد از فعالیت

\$ تفاوت معناداری بین فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین تنه

### بحث و نتیجه گیری

در پژوهش حاضر مشاهده شد که صرف نظر از نوع فعالیت ورزشی، فعالیت تناوبی بر ویسکوزیته خون تأثیر ندارد و بین دو فعالیت بالاتنه و پایین تنه نیز تفاوتی وجود ندارد. یافته های پژوهش های قبلی گزارش کرده اند که فعالیت ورزشی شدید با دوچرخه کارسنج پایی باعث افزایش ویسکوزیته خون در هم افراد سالم و هم افراد بیمار می شود؛ در حالی که فعالیت ورزشی با شدت متوسط باعث افزایش معنادار ویسکوزیته خون نشد (۷-۹). در این پژوهش ها، تمامی پروتکل های ورزشی تداومی بودند؛ در حالی که در پژوهش حاضر پروتکل تناوبی بود. تغییر نکردن ویسکوزیته خون متعاقب فعالیت تناوبی را می توان به نوع فعالیت ورزشی نسبت داد؛ زیرا، اول اینکه فعالیت تناوبی معمولاً با ریکاوری متوالی همراه است که می تواند تغییرات ایجاد شده طی فعالیت را به سطح پایین تری برگرداند؛ دوم اینکه در پژوهش حاضر، طول زمان ریکاوری دو برابر فعالیت بود که زمان مناسبی برای شیفت پلاسما به داخل عروقی و برای برگشت به حال اولیه ویسکوزیته خون بود و سوم اینکه، متوسط شدت فعالیت ۶۵

درصد حداکثر اکسیژن مصرفی بود که شدت متوسط محسوب می‌شود و می‌تواند تغییر نکرده و ویسکوزیته خون مشابه با پژوهش‌های قبلی را که با شدت متوسط تغییر نکرد، توجیه کند (۳). از آنجایی که ویسکوزیته خون به عوامل مهمی همچون ویسکوزیته پلاسما، هماتوکریت، تجمع پذیری و انعطاف پذیری گلبول‌های قرمز بستگی دارد، احتمالاً بررسی ارتباط این عوامل با ویسکوزیته خون می‌تواند به روشن‌تر شدن پاسخ ویسکوزیته خون به فعالیت تناوبی شدید بالاتنه و پایین تنه کمک کند (۳).

ویسکوزیته پلاسما یکی از عوامل اصلی تأثیرگذار بر ویسکوزیته خون است. فاکتورهای تعیین‌کننده ویسکوزیته پلاسما عبارت‌اند از: میزان جابه‌جایی مایعات از داخل عروق به فضای میان‌بافتی و پروتئین‌های محلول در پلاسما که مهم‌ترین آن‌ها فیبرینوژن است (۳). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که صرف‌نظر از نوع فعالیت ورزشی، فعالیت تناوبی باعث افزایش معنادار مقادیر ویسکوزیته پلاسما شد. همچنین، مشخص شد که تغییرات ویسکوزیته پلاسما هنگام فعالیت پایین تنه افزایش بیشتری نسبت به فعالیت بالاتنه دارد. پژوهش‌های اخیر گزارش کرده‌اند که فعالیت شدید تداومی و تناوبی هر دو باعث افزایش ویسکوزیته پلاسما می‌شوند (۲۹، ۳۰). به نظر می‌رسد که افزایش بیشتر ویسکوزیته پلاسما در فعالیت تناوبی پایین تنه نسبت به بالاتنه به دلیل حجم عضلات بیشتر و پمپ قوی‌تر مایع خون به داخل عضله، وسعت شبکه عروقی بیشتر، گرمای تولیدشده و تبخیر بیشتر و نیز مقدار زیادتر پروتئین‌های درگیر در فشار اسمزی باشد (۲۲، ۲۱، ۱۸)؛ باین حال، ویسکوزیته خون تقریباً ثابت می‌ماند؛ به نظر می‌رسد که در فعالیت تناوبی به دلیل کاهش شدت فعالیت در مرحله ریکاوری و تغییر نکردن سایر عوامل اثرگذار بر ویسکوزیته خون، همواره مقدار ویسکوزیته ثابت می‌ماند.

برخلاف بیشتر پژوهش‌ها که همواره افزایش فیبرینوژن در حین فعالیت ورزشی را اعلام کردند (۲۹، ۳۰)، در پژوهش حاضر مشخص شد که صرف‌نظر از نوع فعالیت ورزشی، فعالیت تناوبی باعث کاهش مقادیر فیبرینوژن خون شد و بین مقادیر فیبرینوژن فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین تنه تفاوت معناداری وجود نداشت. مهم‌ترین منابع تولید فیبرینوژن دیواره اندوتلیال و گرانول‌های آلفای پلاکت‌ها هستند که تحت تأثیر مهارکننده‌های نیتریک اکساید و پروستاگلندین هستند. تولید نیتریک اکساید و پروستاگلندین به دلیل سرعت برشی بالای خون از اندوتلیوم و در شرایط هایپروویسکوزیته از دیواره گلبول‌های قرمز اتفاق می‌افتد که می‌تواند باعث مهار تولید فیبرینوژن اندوتلیومی و پلاکتی شود (۳۱). فعال‌سازی آبشار انعقادی تحت تأثیر فعالیت ورزشی می‌تواند عامل تبدیل فیبرینوژن به فیبرین باشد که در نتیجه موجب پاک‌سازی فیبرینوژن از خون و کاهش سطوح آن می‌شود. نکته قابل توجه آن است که در پژوهش حاضر، با وجود کاهش فیبرینوژن، ویسکوزیته پلاسما افزایش یافت. مبحث ذکر شده در بالا نشان می‌دهد که فیبرینوژن می‌تواند بر ویسکوزیته پلاسما تأثیر بگذارد؛ ولی عامل اصلی تعیین‌کننده ویسکوزیته پلاسما در شرایط فعالیت ورزشی شدید، جابه‌جایی آب پلاسما به درون

فضای میان‌بافتی است (۲۷). از آنجایی که فعالیت ورزشی باعث افزایش فیبرینوژنولیز (کاتابولیسم فیبرینوژن) می‌شود، این احتمال وجود دارد که فعالیت ورزشی باعث کاهش فیبرینوژن خون می‌شود (۳۲). صرف‌نظر از نوع فعالیت ورزشی، فعالیت تناوبی باعث افزایش هماتوکریت شد؛ اما بین مقادیر هموگلوبین و هماتوکریت در فعالیت بالاتنه و پایین‌تنه تفاوت معناداری وجود نداشت. این نتایج همسو با نتایج پژوهش‌های قبلی است که گزارش کرده‌اند تأثیر فعالیت فزاینده تا رسیدن به واماندگی بر هماتوکریت، متعاقب فعالیت بالاتنه نسبت به فعالیت پایین‌تنه تفاوت معناداری ایجاد نمی‌کند (۲۴)؛ ولی در پژوهش حاضر، تعداد گلبول‌های قرمز خون به‌دنبال فعالیت بالاتنه نسبت به فعالیت پایین‌تنه افزایش بیشتری را نشان دادند. از آنجایی که آزمودنی‌های پژوهش حاضر افراد چاق بودند، این احتمال وجود دارد که به‌علت کارایی کمتر عضلات بالاتنه، فعالیت بالاتنه موجب خستگی و اعمال فشار بیشتر بر آزمودنی‌ها شده است که در نهایت آزمودنی‌ها برای ادامه فعالیت از انقباض‌های قوی‌تری استفاده کردند. انقباض‌های شدید بالاتنه موجب افزایش فشارخون، افزایش کاتکولامین‌ها و در نهایت، موجب انقباض طحال و رهاسازی تعداد بیشتر گلبول‌های قرمز به داخل شبکه عروقی می‌شوند. به‌نظر می‌رسد که نبود تفاوت در هماتوکریت خون به‌هنگام فعالیت بالاتنه نسبت به پایین‌تنه، به‌علت افزایش تعداد گلبول‌های قرمز خون هنگام فعالیت با بالاتنه و کاهش حجم پلاسما هنگام فعالیت پایین‌تنه باشد که نوعی نقش جبرانی را ایفا می‌کند (۱۲-۸، ۵، ۳).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که صرف‌نظر از نوع فعالیت ورزشی، فعالیت باعث تفاوت معناداری در مقادیر فراهمی اکسیژن بافتی نشد. همچنین، مشخص شد که بین میزان فراهمی اکسیژن بافتی فعالیت بالاتنه و پایین‌تنه تفاوت معناداری وجود نداشت. همان‌طور که قبلاً نیز بحث شد، عوامل تعیین‌کننده فراهمی اکسیژن بافتی، ویسکوزیته خون و هماتوکریت هستند. از آنجایی که برای هر دو نوع فعالیت ویسکوزیته خون تقریباً ثابت ماند و هماتوکریت خون نیز تقریباً به یک میزان افزایش یافت، تفاوت معناداری بین فراهمی اکسیژن دو نوع فعالیت مشاهده نشد (۶).

علاوه‌براین، نتایج این پژوهش نشان داد که صرف‌نظر از نوع فعالیت ورزشی، فعالیت تناوبی تأثیری بر میزان تجمع‌پذیری گلبول‌های قرمز ندارد و بین دو جلسه فعالیت بالاتنه و پایین‌تنه نیز تفاوت وجود نداشت. برخلاف یافته‌های پژوهش حاضر، سیموند<sup>۱</sup> و همکاران (۵) اعلام کردند که فعالیت ورزشی شدید روی دوجرخه کارسنج با شدت زیاد در ورزشکاران سه‌گانه باعث افزایش معنادار تجمع‌پذیری گلبول‌های قرمز می‌شود. در پژوهش آن‌ها، فعالیت با شدت زیاد (۹۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی) شروع شد و به‌ازای سه دقیقه ۱۵ وات به بار کار اضافه می‌شد. در آن پژوهش، شاید شدت بسیار زیاد فعالیت غلظت زیاد فیبرینوژن و کاهش حجم پلاسما در اثر انقباض‌های بسیار قوی، باعث افزایش

تجمع پذیری گلبول‌های قرمز شده باشند؛ ولی در پژوهش حاضر، فیبرینوژن خون و حجم پلاسما کاهش یافتند که شاید به همین دلیل تجمع پذیری گلبول‌های قرمز تغییر نکرده است. کونزا<sup>۱</sup> و همکاران (۶) گزارش کردند که فعالیت شدید روی دوچرخه کارسنج پایی باعث افزایش لاکتات، افزایش انعطاف پذیری گلبول‌های قرمز در افراد تمرین کرده استقامتی و کاهش انعطاف پذیری گلبول‌های قرمز در افراد تمرین نکرده و بی تحرک می‌شود. در مورد انعطاف پذیری گلبول‌های قرمز در حین فعالیت ورزشی، در پژوهش حاضر، پیش‌بینی‌ها بیشتر به سمت کاهش انعطاف پذیری گلبول‌های قرمز بود؛ ولی از آنجایی که مهم‌ترین عامل کاهش انعطاف پذیری گلبول‌های قرمز لاکتات خون است که در پژوهش حاضر تغییر نکرد، احتمالاً لاکتات خون در مرحله فعالیت با شدت کم (ریکاوری فعال) از خون پاک‌سازی شده است و در نتیجه، تأثیر چندانی بر انعطاف پذیری گلبول‌های قرمز نداشت.

به‌طور کلی، براساس یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان نتیجه‌گیری کرد که فعالیت ورزشی تناوبی به دلیل تأثیر نداشتن بر متغیرهای اصلی همورئولوژیک (ویسکوزیته خون، تجمع پذیری و انعطاف پذیری گلبول‌های قرمز) و کاهش فیبرینوژن یک نوع فعالیت ایمن است و تغییر برخی متغیرها به دنبال فعالیت تناوبی مربوط به شیفت پلاسما و موقتی است. افزون بر این، دو فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین تنه بر متغیرهای همورئولوژیک اثری مشابه دارند؛ براین اساس، این سوال مطرح می‌شود که شاید تفاوت‌های فیزیولوژیک که در پیشینه برای فعالیت تداومی بالاتنه و پایین تنه تصور می‌شود، در فعالیت تناوبی دیده نشود که جواب این سؤال به انجام پژوهش‌هایی در آینده نیاز دارد.

## تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از تلاش و همکاری فراوان آزمودنی‌های محترم نهایت تشکر و قدردانی را کنند.

## منابع

1. Nazarali P, Sorouri S, Ramezankhani A. The effect of maximal endurance training on hemorheological factors of national athletes of triathlon. J of Sport Biosci. 2013;15:63-75. (In Persian).
2. Connes P, Caillaud C, Py G, Mercier J, Hue O, Brun J-F. Maximal exercise and lactate do not change red blood cell aggregation in well trained athletes. Clin Hemorheol and Microcirc. 2007;36(4):319-26.

3. Connes P, Simmonds MJ, Brun J-F, Baskurt OK. Exercise hemorheology: Classical data, recent findings and unresolved issues. *Clin Hemorheol and Microcirc.* 2013;53(1-2):187-99.
4. Kim J, Lee H, Shin S. Advances in the measurement of red blood cell deformability: A brief review. *J of Cell Biotechnol.* 2015;1(1):63-79.
5. Simmonds MJ, Connes P, Sabapathy S. Exercise-induced blood lactate increase does not change red blood cell deformability in cyclists. *PloSone.* 2013;8(8):71219.
6. Connes P, Sara F, Hardy-Dessources M-D, Marlin L, Etienne F, Larifla L, et al. Effects of short supramaximal exercise on hemorheology in sickle cell trait carriers. *Eur J of Appl Physiol.* 2006;97(2):143-50.
7. Dintenfass L. Red cell rigidity, "Tk", and filtration. *Clin Hemorheol and Microcirc.* 1985;5(3):241-4.
8. Tripette J, Hardy-Dessources M-D, Sara F, Montout-Hedreville M, Saint-Martin C, Hue O, et al. Does repeated and heavy exercise impair blood rheology in carriers of sickle cell trait? *Clin J of Sport Med.* 2007;17(6):465-70.
9. Ikeda N, Yasu T, Tsuboi K, Sugawara Y, Kubo N, Umamoto T, et al. Effects of submaximal exercise on blood rheology and sympathetic nerve activity. *Circulation J.* 2010;74(4):730-4.
10. Connes P. Hemorheology and exercise: Effects of warm environments and potential consequences for sickle cell trait carriers. *Scand J of Med & Sci in Sports.* 2010;20(s3):48-52.
11. Connes P, Hue O, Tripette J, Hardy-Dessources M-D. Blood rheology abnormalities and vascular cell adhesion mechanisms in sickle cell trait carriers during exercise. *Clin Hemorheol and Microcirc.* 2008;39(1-4):179-84.
12. Connes P, Frank S, Martin C, Shin S, Aufradet E, Sunoo S, et al. New fundamental and Appl mechanisms in exercise hemorheology. *Clin Hemorheol and Microcirc.* 2010;45(2-4):131-41.
13. Brun J-F, Varlet-Marie E, Romain A-J, de Mauverger ER. Interrelationships among body composition, blood rheology and exercise performance. *Clin Hemorheol and Microcirc.* 2011;49(1-4):183-97.
14. Tofighi A, Asemi A, Heidarzade A. Correlation between body mass index, CRP and fibrinogen in female students with lower, over and normal weights. *Scientific J of Qom Uni Med Sci.* 2013;6:82-7. (In Persian).
15. Moosavi S, Habibian M. The comparison of acute aerobic and resistance training method on plasma fibrinogen concentration in young women. *J Gorgan Uni Med Sci.* 2012;13(4):51-9. (In Persian).
16. Sperlich B, Zinner C, Heilemann I, Kjendlie P-L, Holmberg H-C, Mester J. High-intensity interval training improves VO<sub>2</sub>peak, maximal lactate accumulation, time trial and competition performance in 9–11-year-old swimmers. *Eur J of Appl Physiol.* 2010;110(5):1029-36.
17. Eston R, Brodie D. Responses to arm and leg ergometry. *Brit J Sports Med.* 1986;20(1):4-6.
18. Di Blasio A, Sablone A, Civino P, D'Angelo E, Gallina S, Ripari P. Arm vs. combined leg and arm exercise: Blood pressure responses and ratings of perceived exertion at the same indirectly determined heart rate. *J of Sports Sci & Med.* 2009;8(3):401-9.

19. De Almeida W, de Jesus Lima L, Da Cunha R, Simões H, Nakamura F, Campbell CG. Post-exercise blood pressure responses to cycle and arm-cranking. *Sci & Sports*. 2010;25(2):74-80.
20. Schneider DA, Wing AN, Morris NR. Oxygen uptake and heart rate kinetics during heavy exercise: A comparison between arm cranking and leg cycling. *Eur J of Appl Physiol*. 2002;88(1):100-6.
21. Ahlborg G, Jensen-Urstad M. Metabolism in exercising arm vs. leg muscle. *Clin Physiol and Func Imag*. 1991;11(5):459-68.
22. Mayo JJ, Kravitz L, Wongsathikun J. Detecting the onset of added cardiovascular strain during combined arm and leg exercise. *J of Exer Physiol Online*. 2001;4(3):53-60.
23. Orr J, Williamson P, Anderson W, Ross R, McCafferty S, Fettes P. Cardiopulmonary exercise testing: Arm crank vs cycle ergometry. *Anaesthesia*. 2013;68(5):497-501.
24. Hovanloo F, Ahmadizad S, Mardani A, Sahami M. Effects of two upper and lower body exercises on some cardiovascular, metabolic and hematological factors. *Sci J kurd Uni Med Sci*. 2013;88(18):86-98. (In Persian).
25. Ciolac EG. High-intensity interval training and hypertension: maximizing the benefits of exercise? *Am J Cardiovascul Dis*. 2012;2(2):102-10.
26. Guiraud T, Nigam A, Gremaux V, Meyer P, Juneau M, Bosquet L. High-intensity interval training in cardiac rehabilitation. *Sports Med*. 2012;42(7): 587-605.
27. Alis R, Ibanez-Sania S, Basterra J, Sanchis-Gomar F, Romagnoli M. Effects of an acute high-intensity interval training protocol on plasma viscosity. *J Sport Med Phys Fitness*. 2015;55(6):647-53.
28. Ahmadizad S, Bassami M, Hadian M, Eslami M. Influences of two high intensity interval exercise protocols on the main determinants of blood fluidity in overweight men. *Clin Hemorheol and Microcirc*. 2016;64(4):827-35.
29. El-Sayed MS, Ali N, Omar AA. Effects of posture and ergometer-specific exercise modality on plasma viscosity and plasma fibrinogen: The role of plasma volume changes. *Clin Hemorheol and Microcirc*. 2011;47(3):219-28.
30. Vandewalle H, Lacombe C, Lelievre J, Poirot C. Blood viscosity after a 1-h submaximal exercise with and without drinking. *Int J sports Med*. 1988;9(02):104-7.
31. Meiselman HJ, Baskurt OK. Hemorheology and hemodynamics: Dove andare? *Clin Hemorheol and Microcirc*. 2006;35(1, 2):37-43.
32. El-Sayed MS, Jones PG, Sale C. Exercise induces a change in plasma fibrinogen concentration: Fact or fiction? *Thromb Res*. 1999;96(6):467-72.

**ارجاع دهی**

احمدی‌زاد سجاد، امرایی زهرا، باسامی مینو. پاسخ متغیرهای همورئولوژیک به فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین تنه در افراد چاق و دارای اضافه‌وزن. فیزیولوژی ورزشی. بهار ۱۳۹۸؛ ۱۱(۴۱): ۴۷-۶۲. شناسه دیجیتال: 10.22089/spj.2017.4166.1558

Ahmadizad S, Amraei Z, Bassami M. Responses of Hemorheological Variables to Upper and Lower Body Interval Exercises in Overweight and Obese Individuals. Sport Physiology. Spring 2019; 11(41): 47-62. (In Persian). DOI: 10.22089/spj.2017.4166.1558



## Responses of Hemorheological Variables to Upper and Lower Body Interval Exercises in Overweight and Obese Individuals

S. Ahmadizad<sup>1</sup>, Z. Amraei<sup>2</sup>, M. Bassami<sup>3</sup>

1. Associate Professor of Sport Physiology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran\*
2. M.Sc. in Sport Physiology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
3. Assistant Professor of Sport Physiology, Allameh Tabatabaeei University, Tehran, Iran

Received: 2017/05/15

Accepted: 2017/09/04

---

### Abstract

The aim of this study was to determine the effect of upper body and lower body interval exercise on hemorheological factors. Twelve subjects (BMI=30±3 kg/m<sup>2</sup>) participated in this study. After determining VO<sub>2</sub>max for upper body and lower body, subjects performed the interval exercise for upper body and lower body in two separate sessions with one week intervening. Interval exercise included 2 minutes of exercise at 85% of VO<sub>2</sub>max and 4 min recovery at 45% of VO<sub>2</sub>max. Blood sample were taken before and immediately after exercise and were analyzed. The results showed that irrespective of the exercise type, exercise resulted in significant increases in hematocrit, plasma viscosity, red blood cell count, lactate, rigidity index (Tk) and a significant decrease in the fibrinogen (P<0.05) and no significant (P>0.05) changes in the blood viscosity, red blood cell aggregation, red blood cell deformability, hemoglobin, oxygen supply to tissue, rigidity index Tk. The comparisons of the changes for all variables including blood viscosity, hematocrit, hemoglobin, oxygen supply to tissue, red blood cell aggregation, red deformability, and rigidity index (Tk), lactate, fibrinogen and systolic blood pressure did not show any significant differences between two exercise protocols (P>0.05). However, changes of plasma viscosity in lower extremity and red blood cell count in upper extremity were significantly different between two trials (P<0.05). It concluded that the acute exercise inducing changes in hemorheological variables, though, these changes are not related to exercise type and body parts involved in acute exercise.

**Keywords:** Blood Viscosity, High-Intensity Interval Exercise, Upper Body Exercise, Lower Body Exercise, Obesity

---

---

\* Corresponding Author

Email: s\_ahmadizad@sbu.ac.ir