

## تأثیر دو برنامه مختلف تمرین مقاومتی بر عوامل همورئولوژیکی در مردان غیرفعال سالم

فتح الله هاویل<sup>✉</sup>، افشار جعفری<sup>۲</sup>، سجاد احمدی زاد<sup>۲</sup>، سعید دباغ نیکوخلصت<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزش دانشگاه تبریز

۲. دانشیار فیزیولوژی ورزشی دانشگاه تبریز

۳. دانشیار فیزیولوژی ورزشی دانشگاه شهید بهشتی تهران

۴. دانشیار فیزیولوژی ورزشی دانشگاه تبریز

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۵/۲۲

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۴/۷

## چکیده

**هدف:** با توجه به تناقض‌های مربوط به اثرات تمرینات مقاومتی بر پارامترهای همورئولوژیکی مرتبط با بیماری‌های قلبی-عروقی، تحقیق حاضر با هدف تعیین تأثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی مختلف (هایپرتروفی و قدرتی بیشینه) بر عوامل همورئولوژیکی در مردان غیرفعال سالم انجام شد. **روش شناسی:** ۳۹ دانشجوی مرد ۱۸-۲۰ ساله سالم غیرفعال به طور تصادفی به سه گروه کنترل (n=۱۲)، تمرین مقاومتی هایپرتروفی (n=۱۴) و قدرتی بیشینه (n=۱۳) تقسیم شدند. گروه‌های تمرین به مدت ۱۲ هفته در تمرینات مقاومتی (۳ جلسه/هفته، ۶ ایستگاه/جلسه و در هر ایستگاه ۳ نوبت) شرکت داشتند. تمرینات مقاومتی هایپرتروفی و قدرتی بیشینه به ترتیب با شدت ۷۰-۶۵٪ و ۸۵-۸۰٪ یک تکرار بیشینه، انجام شد. نمونه‌های خونی قبل و ۴۸ ساعت پس از دوره تمرین گرفته شدند و برای اندازه‌گیری متغیرهای همورئولوژیکی آنالیز شدند. داده‌های عوامل همورئولوژیکی با استفاده از تحلیل واریانس یکطرفه مستقل بررسی شدند. **نتایج:** پروتئین تام، ویسکوزیته پلاسما و تجمع‌پذیری گلبول‌های قرمز متعاقب ۱۲ هفته تمرین مقاومتی هایپرتروفی و قدرتی بیشینه به طور معنی‌دار کاهش یافتند ( $P < 0.05$ ). از طرفی، تغییرشکل‌پذیری گلبول‌های قرمز در هر دو گروه تمرین مقاومتی به طور معنی‌دار افزایش پیدا کرد ( $P < 0.05$ ). به هر حال، افت دامنه ویسکوزیته پلاسما در گروه هایپرتروفی نسبت به گروه قدرتی بیشینه به طور معنی‌دار بیشتر بود ( $P < 0.05$ ). به علاوه، افت معنی‌دار ویسکوزیته خون تنها در گروه هایپرتروفی مشاهده شد ( $P < 0.05$ ). **نتیجه‌گیری:** بر اساس یافته‌های تحقیق حاضر می‌توان نتیجه‌گیری نمود که هر دو نوع تمرین مقاومتی هایپرتروفی و قدرتی بطور مشابهی بر ویژگی‌های رئولوژیکی گلبول‌های قرمز تأثیر دارند، ولی تمرین مقاومتی هایپرتروفی باعث بهبود بیشتر ویسکوزیته خون و پلاسما و در نهایت سیالیت خون می‌شود. لذا، مردان غیرفعال و سالم می‌توانند جهت بهرمندی از فواید تمرینات مقاومتی بدون نگرانی از بروز تغییرات نامطلوب در شاخص‌های همورئولوژیکی مرتبط با ترمبوز به این تمرینات بپردازند. **کلید واژه‌ها:** تجمع‌پذیری گلبول قرمز، تغییرشکل‌پذیری گلبول قرمز، تمرین مقاومتی قدرتی بیشینه، تمرین مقاومتی هایپرتروفی.

## The Effect of Two Different Resistance Training Programs on Hemorheological Factors in Healthy Inactive Men

### Abstract

**Purpose:** Based on controversies about the effects of resistance training on hemorheological parameters associated with cardiovascular disease, this study was carried out to determine the effect of 12 weeks of resistance training (hypertrophy and maximal strength) on hemorheological parameters in healthy inactive men. **Methods:** Thirty nine collegiate men (18-20 years) were randomly divided into three groups: control (n=12), hypertrophy (n=13) and strength (n=13) training groups. Training groups participated in 12 weeks of resistance training (3 sessions/week, 6 stations/session and 3 times per station). Hypertrophy and maximal strength resistance training were performed at 65-70% and 80-85% of one repetition maximum, respectively. Blood samples were taken before and 48 hours after the training period and were analyzed for measuring the hemorheological variables. Hemorheological data were analyzed by using the independent one-way ANOVA. **Results:** The significant reductions in total protein, plasma viscosity and aggregation of red blood cells in inactive men were found after 12 weeks of hypertrophy and maximal resistance training ( $P < 0.05$ ). Whereas, the deformability of red blood cells increased significantly in both resistance training groups ( $P < 0.05$ ). The reductions in the plasma viscosity was significantly higher in the hypertrophy training group than the strength training group ( $P < 0.05$ ). Moreover, a significant reduction in blood viscosity was only observed in the hypertrophy group ( $P < 0.05$ ). **Conclusion:** Based on the findings of the present study it could be concluded that both hypertrophy and strength resistance training affect on rheological characteristics of red blood cells similarly, though, the hypertrophy resistance training results in more improvements in blood and plasma viscosity and eventually blood fluidity. Therefore, healthy inactive men can participate in resistance training to achieve benefits from these training without any concern and adverse changes in hemorheological parameters associated with thrombosis.

**Key words:** Aggregation of red blood cells, Deformability of red blood cells, Maximal strength resistance training, Hypertrophy resistance training.

✉ نویسنده مسئول: فتح الله هاویل تماس: ۰۹۱۲۴۶۹۲۱۱۵

تبریز، بلوار ۲۹ بهمن، دانشگاه تبریز، دانشکده تربیت بدنی

پست الکترونیکی afs\_havill@yahoo.com

## مقدمه

مطالعات همه‌گیرشناسی به رابطه بین عوامل تعیین‌کننده همورئولوژی<sup>۱</sup> و بروز بیماری‌های قلبی-عروقی و بویژه عروق کرونری اشاره دارند (۱). ویسکوزیته خون و پلاسما، هماتوکریت، فیبرینوژن، تغییرشکل‌پذیری<sup>۲</sup> و تجمع‌پذیری<sup>۳</sup> گلبول‌های قرمز خون از جمله تعیین‌کننده‌های همورئولوژی هستند. با این حال، تجمع‌پذیری گلبول‌های قرمز به عنوان شاخصی مؤثر در سیالیت خون مویرگی، نقش بسیار ارزنده‌ای در رئولوژی خون و اکسیژن‌رسانی به بافتها دارد. به طور کلی تغییرشکل‌پذیری گلبول‌های قرمز، به عواملی مانند: ترکیبات غشاء، نسبت سطح به حجم و ویسکوزیته درونی آن وابسته است (۲). افزایش هماتوکریت، پروتئین و لیپیدهای خون ممکن است با افزایش ویسکوزیته باعث کاهش تغییرشکل‌پذیری و افزایش تجمع‌پذیری گلبول‌های قرمز و نهایتاً بروز ترمبوز شود (۳). اختلال در ویژگی‌های طبیعی همورئولوژیک، به ویژه افزایش ویسکوزیته خون، غلظت فیبرینوژن، تجمع‌پذیری گلبول‌های قرمز و کاهش قابلیت تغییرشکل‌پذیری آن‌ها به عنوان عامل خطر مستقل برای بیماری‌های قلبی-عروقی در نظر گرفته می‌شوند (۴). به طوری که، با افزایش ویسکوزیته خون و پلاسما، تنش برشی بیشتری برای ایجاد مقدار مشخصی از سرعت برشی یا جریان نیاز است، که منجر به اعمال کار بیشتری بر قلب می‌شود (۵). همچنین، کاهش ناچیز تغییرشکل‌پذیری گلبول‌های قرمز با افزایش تجمع‌پذیری آن‌ها همراه است که سبب افزایش معنی‌دار مقاومت مویرگی در برابر جریان و ویسکوزیته خون می‌شود، و انسداد رگ و ایسکمی را در پی خواهد داشت (۶). به هر حال، شدت تغییرات شاخص‌های همورئولوژیکی به عوامل متعددی مانند سن، جنس، ترکیب بدن، نژاد، تغییرات آب و هوایی و وضعیت آب بدن در شرایط مختلف از جمله انجام تمرینات بدنی وابسته است (۷،۸). در این بین، باید اشاره داشت که برخلاف مطالعات مربوط به تأثیر تمرینات هوازی بر شاخص‌های همورئولوژیکی، تحقیقات محدود و متناقضی در رابطه با اثرات حاد و درازمدت انواع تمرینات مقاومتی به عنوان یکی از برنامه‌های تمرینی ضروری برای

افزایش توده، قدرت و توان عضلانی انجام شده است (۸،۹). برخی از نتایج حاکی است که تمرینات مقاومتی ممکن است در بهبود وضعیت عوامل مورد نظر اثرات مفید قابل توجهی در پی داشته باشد، به طوری که، کلیک توپراک<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۲) و قنبری نیایکی و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقات خود گزارش کردند، تمرینات مقاومتی می‌تواند سبب بهبود برخی از متغیرهای همورئولوژیکی شود (۹،۱۰). در مقابل، برخی دیگر (۱۱،۱۲)، به عدم بهبود وضعیت شاخص‌های همورئولوژیکی مردان متعاقب تمرینات مقاومتی اشاره دارند. به هر حال، با وجود تنوع فراوان برنامه‌ها و اهداف تمرینات مقاومتی و همچنین محبوبیت برنامه‌های هایپرتروفی و قدرتی بیشینه در بین جوانان و قهرمانان ورزشی، در زمینه مقایسه اثر برنامه‌های مختلف مقاومتی بر عوامل همورئولوژیکی تنها کار انجام شده مربوط به اتابک<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۹) می‌باشد که با بررسی تأثیر ۶ هفته‌ای دو برنامه متفاوت تمرین مقاومتی بر انعطاف‌پذیری و تجمع‌پذیری گلبول‌های قرمز مردان جوان ورزشکار، نشان دادند که انعطاف‌پذیری گلبول‌های قرمز تنها در برنامه مقاومتی با شدت متوسط به طور معنی‌دار افزایش می‌یابد، اما در برنامه مقاومتی با شدت بالا بدون تغییر است (۱۳). با این حال، به دلیل کوتاهی دوره تمرین، عدم رعایت اصل اضافه بار و عدم بررسی برخی از عوامل همورئولوژیکی در مطالعه اتابک و همکاران، در رابطه با افراد غیرفعال شرکت‌کننده در تمرینات مقاومتی هنوز ابهامات و نگرانی‌هایی وجود دارد.

به طور کلی، مطالعات حاکی است که در اثر تمرینات مقاومتی بعنوان آغازگر پیام‌رسانی آنابولیکی، تغییرات چشمگیری در وضعیت هورمونی، متابولیکی، دستگاه اکسایشی-التهابی و ترکیب بدن به وجود می‌آید (۱۴،۱۵). بنابراین، با توجه به این پیش‌فرض که بیشتر پاسخ‌های زیستی ناشی از تمرینات مقاومتی به دلیل فشارهای مکانیکی-متابولیکی و اکسایشی-التهابی ناشی از عوامل درگیر در تمرینات مقاومتی (حجم و شدت) ممکن است از تفاوت‌های قابل توجهی برخوردار باشد و با عنایت به اهمیت و کاربرد زیاد برنامه‌های هایپرتروفی و قدرتی

بیشینه در بین اقشار مختلف جامعه، تحقیق حاضر در راستای تعیین تأثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی هایپرتروفی و قدرتی بیشینه بر شاخص‌های همورئولوژیکی در مردان سالم غیرفعال انجام شد.

### روش پژوهش

پژوهش حاضر در قالب یک طرح نیمه تجربی سه گروهی پس از اخذ مجوز اخلاق در پژوهش انجام شد. در راستای هدف تحقیق، ۳۹ مرد دانشجوی داوطلب به صورت تصادفی در سه گروه هایپرتروفی (۱۴ نفر)، قدرت بیشینه (۱۳ نفر) و کنترل (۱۲ نفر) قرار گرفتند. معیارهای ورود شرکت به برنامه شامل: برخورداری از ترکیب بدن (نمایه توده بدن و درصد چربی) نرمال، عدم مصرف دارو، عدم مصرف هرگونه مکمل، عدم استعمال الکل و دخانیات، عدم ابتلا به بیماری قلبی-عروقی، دیابت و چربی خون و همچنین، عدم شرکت در برنامه تمرینی منظم طی ۶ ماه قبل از شرکت در این تحقیق بود. تمامی آزمودنی‌ها از نظر سلامت عمومی و قلبی-تنفسی، جهت شرکت در تحقیق تحت معاینه و آزمایشات پزشکی قرار گرفتند و پرسشنامه اطلاعات فردی و سوابق پزشکی آنان جمع آوری شد. همه آزمودنی‌ها پس از آگاهی کامل از ماهیت مطالعه و قبل از شروع کار فرم رضایت نامه را تکمیل کردند. براساس معاینات بدنی و شاخص‌های CBC هیچ یک از آزمودنی‌ها دچار کم خونی، عفونت، دیابت، چربی خون و یا هرگونه بیماری خونی خاص (مانند: کم خونی داسی شکل و تالاسمی) نبوده و تندرستی آن‌ها برای محقق محرز گردید. قبل از اجرای مداخلات، بر اساس شاخص توده بدنی، آزمودنی‌ها در سه گروه همگن قرار گرفتند. در این راستا، قد آزمودنی‌ها با قد سنج سکا (ساخت آلمان) با دقت یک ۰/۱ سانتیمتر اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری وزن بدن آزمودنی‌ها، در وضعیت ناشتا و حتی‌الامکان پس از تخلیه مثانه و روده و با پوشش شورت، با استفاده از ترازوی دیجیتال امرون ساخت کشور کره جنوبی، با دقت ۰/۱ کیلوگرم صورت گرفت. نمایه توده بدنی با استفاده از نسبت وزن (کیلوگرم) بر مجذور قد (متر) محاسبه گردید. به منظور تعیین درصد چربی بدن آزمودنی‌ها از معادله سه نقطه‌ای (سینه، شکم و

ران) جکسون-پولاک، فرمول سیری و کالیپر VOGEL ساخت آلمان، با دقت ۰/۱ سانتیمتر استفاده شد. به منظور به حداقل رساندن آثار رژیم غذایی بر نتایج تحقیق، به آزمودنی‌ها تأکید شد که ضمن رعایت دستورالعمل رژیم غذایی روزانه رستوران دانشگاه، از مکمل‌های غذایی و داروهای نیروزا به صورت خودسرانه استفاده نکنند.

میزان قدرت بیشینه آزمودنی‌ها، یک هفته قبل از شروع دوره تمرینات مقاومتی و پس از آشنایی آزمودنی‌ها با نحوه اجرای حرکات مقاومتی، با استفاده از آزمون یک تکرار بیشینه<sup>۶</sup> (1-RM) و معادله برزیسکی (( $0.278 \times \text{تعداد تکرار تا خستگی} / 1.0278$ ) / وزن<sup>۰.۷۸</sup> جابجا شده (کیلوگرم) = یک تکرار بیشینه) تعیین گردید (۱۶). برنامه تمرین مقاومتی هایپرتروفی شامل ۱۲ هفته تمرین، سه جلسه در هفته، با شدت ۶۵-۷۰ درصد یک تکرار بیشینه، ۱۲-۱۰ تکرار بیشینه در هر نوبت و ۳ نوبت با استراحت ۹۰-۶۰ ثانیه بین نوبت‌ها بود. چهار هفته ابتدایی دوره تمرین مربوط به آماده سازی آزمودنی‌ها با شروع تمرینات با شدت ۵۰٪ یک تکرار بیشینه و با افزایش تدریجی بار بود، که تا پایان ماه اول گروه هایپرتروفی تمرینات خود را به شدت ۶۵٪ یک تکرار بیشینه رساندند، به طوری که هفته اول با شدت ۵۰٪ یک تکرار بیشینه، ۳ نوبت با ۱۵ تکرار و ۶۰-۳۰ ثانیه استراحت بین نوبت‌ها، هفته دوم با شدت ۶۰٪ یک تکرار بیشینه، ۳ نوبت با ۱۲ تکرار و ۶۰-۳۰ ثانیه استراحت بین نوبت‌ها و هفته سوم و چهارم با شدت ۶۵٪ یک تکرار بیشینه، ۳ نوبت با ۱۲-۱۰ تکرار بیشینه و ۶۰-۳۰ ثانیه استراحت بین نوبت‌ها به تمرین پرداختند. تمرین در ماه دوم برای گروه هایپرتروفی با شدت ۶۵٪ یک تکرار بیشینه جدید شروع و پس از دو هفته با شدت ۷۰٪ یک تکرار بیشینه ادامه یافت. تمرین در ماه سوم برای این گروه با شدت ۷۰٪ یک تکرار بیشینه جدید دنبال شد. برنامه گروه تمرین قدرتی بیشینه نیز شامل ۱۲ هفته تمرین و سه جلسه در هفته بدین صورت بود که هفته اول با شدت ۵۰٪ یک تکرار بیشینه، ۳ نوبت با ۱۵ تکرار و ۶۰-۳۰ ثانیه استراحت بین نوبت‌ها، هفته دوم با شدت ۶۰٪ یک تکرار بیشینه، ۳ نوبت با ۱۲ تکرار و ۶۰-۳۰ ثانیه استراحت بین

جنوبی تعیین شدند. برای اندازه‌گیری آلبومین و پروتئین تام، پس از تهیه سرم از نمونه خون لوله لخته، از دستگاه اتوانالایزر هیتاچی مدل ۹۱۷ ساخت کشور آلمان و کیت‌های آلبومین و پروتئین تام مدل بایوسیستمز<sup>۸</sup> ساخت کشور اسپانیا استفاده گردید. اساس سنجش‌های این دستگاه اسپکتوفتومتری است. فیبرینوژن نیز با استفاده از دستگاه اتوانالایزر و کیت استاگو<sup>۹</sup> ساخت کشور فرانسه، به روش انعقادی کلاوس<sup>۱۰</sup> اندازه‌گیری شد. برای تهیه پلاسما، جهت اندازه‌گیری ویسکوزیته پلاسما و فیبرینوژن از دستگاه سانتریفیوژ (BOECO-U-320R) ساخت کشور آلمان با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه، شیب ۴ درجه، دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و به مدت ۵ دقیقه استفاده شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد. به منظور تعیین وضعیت توزیع داده‌ها از آزمون شپرو-ویلک، استفاده شد. جهت مقایسه تأثیر تمرین بر متغیرهای همورئولوژیکی، ابتدا تفاضل داده‌های قبل و بعد از دوره تمرین در هر گروه گرفته شد و سپس داده‌های سه گروه با استفاده از روش آماری تحلیل واریانس یک طرفه مستقل مقایسه شدند. به علاوه، به منظور تعیین تأثیر تفکیکی هر یک از عوامل (تفاوت مراحل و نوع تمرینات مقاومتی) از آزمون‌های تعقیبی بانفرونی و توکی استفاده شد. تمام مراحل تجزیه و تحلیل داده‌ها در سطح معنی داری پنج درصد انجام شد.

### نتایج

داده‌های مربوط به ویژگی‌های عمومی و ترکیب‌بدنی آزمودنی‌ها، قبل و بعد از دوره ۱۲ هفته‌ای تمرین در جدول ۱ و داده‌های مربوط به یک تکرار بیشینه و حجم تمرین طی دوره تمرین در جدول ۲ ارائه شده‌اند. براساس نتایج، میزان یک تکرار بیشینه در گروه هایپرتروفی ۲۴ الی ۴۷ درصد و در گروه قدرتی بیشینه ۲۶ الی ۴۵ درصد افزایش پیدا کرد. همچنین، درصد چربی بدن در گروه هایپرتروفی ۲۳ درصد و در گروه قدرتی بیشینه ۲۵ درصد کاهش پیدا کرد. توده بدون چربی نیز در گروه هایپرتروفی ۶/۲ درصد و در گروه قدرتی بیشینه ۴/۷ درصد افزایش یافت (جدول ۱ و ۲). نتایج آماری تحلیل واریانس یک طرفه مستقل نشان

نوبت‌ها، هفته سوم با شدت ۷۰٪ یک تکرار بیشینه، ۳ نوبت با ۱۰ تکرار و ۶۰ ثانیه استراحت بین نوبت‌ها و هفته چهارم با شدت ۸۰٪ یک تکرار بیشینه، ۳ نوبت با ۵-۸ تکرار و ۱۲۰ ثانیه استراحت بین نوبت‌ها تمرین نمودند. تمرین در ماه دوم با شدت ۸۰٪ یک تکرار بیشینه جدید و با همان تکرار و استراحت ماه اول شروع و پس از دو هفته با شدت ۸۵٪ یک تکرار بیشینه ادامه یافت. تمرین در ماه سوم با شدت ۸۵٪ یک تکرار بیشینه جدید دنبال شد. حجم تمرینات در گروه‌های تمرین با استفاده از حاصلضرب تعداد تکرارهای هر حرکت در میزان وزنه جا به جا شده محاسبه گردید. چنان که پیداست، برنامه مقاومتی هایپرتروفی با هدف حجیم سازی عضلانی، از تکرارهای بیشتر و شدت کمتری (حجم بیشتر تمرین) نسبت به برنامه قدرتی برخوردار است. قابل ذکر است در تمامی جلسات تمرین مراحل گرم کردن شامل ۵ دقیقه دویدن روی نوارگردان حداکثر با سرعت ۸ کیلومتر بر ساعت و حرکات کششی در عضلات بزرگ و اجرای یک نوبت ۱۰ تکراری با شدت ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه قبل از نوبت‌های اصلی در هر حرکت و همچنین، سردکردن شامل ۵ دقیقه دویدن روی نوارگردان و حرکات کششی اجرا شد. گروه کنترل نیز فقط فعالیت عادی روزانه را انجام می‌دادند و در هیچ فعالیتی شرکت نمی‌کردند. نمونه‌های خونی قبل از شروع دوره تمرینات مقاومتی و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینات، در وضعیت نشسته از سیاهرگ بازویی گرفته شد و در لوله‌های آزمایش حاوی اتیلن دی‌آمین تترا استیک اسید (۳ میلی لیتر)، سیترات سدیم (۲/۷ میلی لیتر) و لوله لخته (۴ میلی لیتر) ریخته شد. جهت تعیین شاخص‌های CBC از یک میلی لیتر خون درون لوله حاوی اتیلن دی‌آمین تترا استیک اسید و دستگاه اتوانالایزر هماتولوژی<sup>۷</sup> (systmex مدل XT-2000i ساخت کشور ژاپن) استفاده گردید. ویسکوزیته خون و پلاسما با استفاده از ۵۰۰ میکرولیتر خون یا پلاسما و دستگاه ویسکومتر (DV3TLVCJO-Brookfield) ساخت ایالات متحده اندازه‌گیری شدند. شاخص‌های تغییرشکل‌پذیری و تجمع‌پذیری گلبول قرمز با استفاده از ۱۲ میکرو لیتر خون و دستگاه رئومتر (Rheoscan-AnD300) ساخت کره

در گروه هایپرتروفی نسبت به گروه قدرتی بیشینه به طور معنی داری بیشتر بود ( $P < 0.05$ ). هم چنین، افت معنی دار ویسکوزیته خون تنها در گروه هایپرتروفی مشاهده شد ( $P < 0.05$ ). از طرفی، افت فیبرینوژن و تغییرات هماتوکریت و آلبومین گروه های شرکت کننده در تمرینات مقاومتی معنی دار نبود ( $P > 0.05$ ).

داد که پروتئین تام، ویسکوزیته پلاسما و تجمع پذیری گلبول های قرمز متعاقب ۱۲ هفته تمرین مقاومتی هایپرتروفی و قدرتی بیشینه (شکل ۱) به طور معنی دار ( $P < 0.05$ ) و نسبتاً مشابهی کاهش یافته است (جدول ۳). از طرفی، تغییر شکل پذیری گلبول های قرمز در هر دو گروه تمرین مقاومتی (شکل ۲) به طور معنی دار افزایش پیدا کرد ( $P < 0.05$ ). با این حال، افت دامنه ویسکوزیته پلاسما

جدول ۱. ویژگی های عمومی آزمودنی ها، قبل و بعد از دوره تمرین

گروه	مرحله اندازه گیری	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	چربی بدن (درصد)	توده بدون چربی (کیلوگرم)
هایپرتروفی	قبل از دوره	۷۰/۴±۱۳/۱	۲۲/۱±۳/۳	۸/۸±۶/۳	۶۲/۹±۸/۴
	بعد از دوره	۷۱/۵±۱۱/۱	۲۲/۴±۲/۸	۶/۷±۵/۳	۶۶/۸±۷/۳
قدرتی	قبل از دوره	۷۱/۹±۹/۱	۲۲/۴±۲/۳	۷/۹±۴/۱	۶۵/۷±۶/۶
	بعد از دوره	۷۲/۹±۹/۰	۲۲/۷±۲/۲	۵/۹±۳/۳	۶۸/۸±۶/۴
کنترل	قبل از دوره	۶۹/۲±۹/۵	۲۱/۷±۲/۶	۷/۴±۴/۷	۶۳/۸±۶/۸
	بعد از دوره	۶۹/۹±۱۰/۱	۲۲/۲±۲/۸	۷/۹±۵/۱	۶۴/۱±۷/۲

جدول ۲. مقادیر (میانگین±انحراف معیار) حجم تمرین و یک تکرار بیشینه طی دوره تمرین

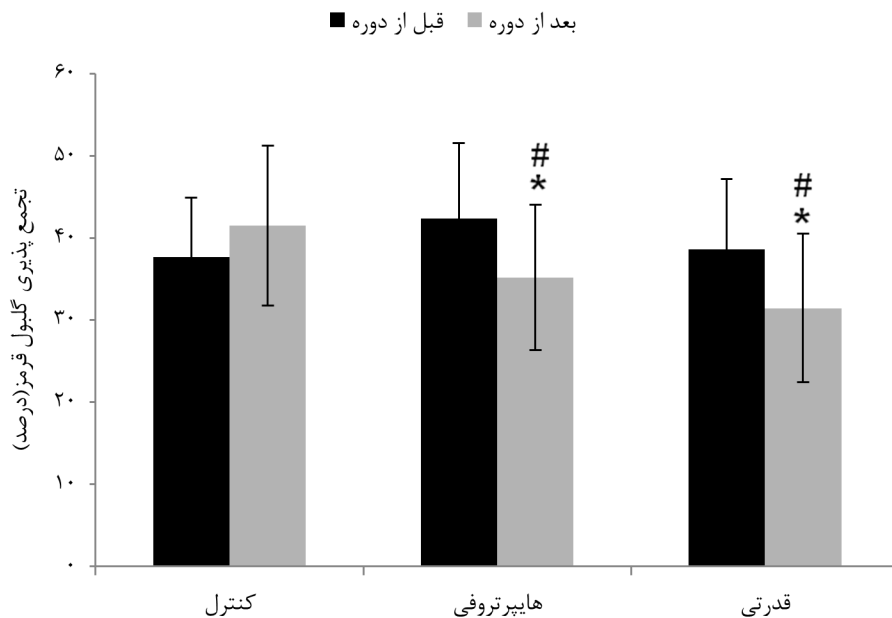
گروه	زمان	شاخص	حرکت					
			جلو پا	پرس سینه	پشت پا	پاروئی	شکم	کشش پائینی
هایپرتروفی	هفته ۱	ی.ت.ب	۸۶/۶±۱۲/۷	۵۳/۰±۱۰/۴	۴۳/۹±۱۳/۱	۵۴/۴±۸/۱	۴۰/۷±۸/۷	۴۴/۶±۷/۳
		حجم	۱۹۴۹±۲۸۷	۱۲۰۶±۲۳۶	۹۹۰±۳۱۵	۱۲۶۰±۱۸۲	۸۷۱±۲۰۲	۱۰۱۲±۱۷۱
	هفته ۴	ی.ت.ب	۹۷/۲±۱۱/۱	۵۹/۸±۱۰/۵	۵۰/۷±۱۲/۸	۶۱/۱±۸/۱	۴۷/۳±۹/۱	۵۱/۹±۷/۲
		حجم	۲۲۷۴±۲۶۶	۱۳۹۹±۲۴۷	۱۱۸۷±۲۹۹	۱۴۳۱±۱۹۲	۱۱۰۷±۲۱۴	۱۲۱۶±۱۶۹
	هفته ۸	ی.ت.ب	۱۰۳/۵±۱۱/۹	۶۴/۵±۱۰/۴	۵۴/۷±۱۲/۸	۶۵/۱±۸/۳	۵۲/۷±۹/۴	۵۶/۶±۷/۱
		حجم	۲۸۹۹±۳۳۴	۱۸۰۸±۲۹۱	۱۵۳۲±۳۶۱	۱۸۲۴±۲۳۴	۱۴۷۸±۲۶۴	۱۵۸۶±۱۹۹
هفته ۱۲	ی.ت.ب	۱۰۷/۵±۱۲/۴	۶۸/۶±۱۰/۵	۵۷/۶±۱۲/۶	۶۷/۸±۸/۳	۵۶/۱±۹/۵	۵۹/۳±۷/۰	
	حجم	۳۰۱۲±۳۴۹	۱۹۲۳±۲۹۴	۱۶۱۴±۳۵۴	۱۹۰۰±۲۳۳	۱۵۷۳±۲۶۸	۱۶۶۲±۱۹۸	
قدرتی بیشینه	هفته ۱	ی.ت.ب	۸۷/۷±۱۶/۳	۵۶/۴±۱۴/۸	۴۸/۴±۱۰/۴	۵۵/۱±۱۱/۴	۴۲/۳±۸/۵	۴۴/۶±۱۰/۲
		حجم	۱۹۷۳±۳۶۷	۱۲۷۰±۳۳۳	۱۰۹۰±۲۳۶	۱۲۴۲±۲۵۷	۹۵۲±۱۹۳	۱۰۰۳±۲۳۲
	هفته ۴	ی.ت.ب	۱۰۰/۳±۱۷/۳	۶۳/۷±۱۵/۱	۵۵/۹±۱۰/۵	۶۳/۴±۱۱/۴	۵۱/۴±۱۰/۰	۵۲/۸±۱۱/۰
		حجم	۱۶۰۵±۲۷۷	۱۰۱۹±۲۴۳	۸۹۵±۱۶۸	۱۰۱۵±۱۸۳	۸۲۳±۱۶۲	۸۴۵±۱۷۶
	هفته ۸	ی.ت.ب	۱۰۸/۰±۱۷/۰	۶۸/۶±۱۵/۳	۶۱/۷±۱۰/۷	۶۸/۵±۱۲/۰	۵۷/۳±۱۰/۱	۵۸/۱±۱۰/۷
		حجم	۱۸۳۷±۲۸۹	۱۱۶۸±۲۶۰	۱۰۵۰±۱۸۳	۱۱۶۵±۲۰۴	۹۷۴±۱۷۲	۹۸۸±۱۸۳
هفته ۱۲	ی.ت.ب	۱۱۲/۹±۱۷/۵	۷۱/۷±۱۵/۷	۶۴/۵±۱۰/۵	۷۱/۶±۱۲/۲	۶۱/۱±۱۰/۰	۶۱/۳±۱۰/۹	
	حجم	۱۹۲۱±۲۹۹	۱۲۱۹±۲۶۸	۱۰۹۶±۱۸۰	۱۲۱۸±۲۰۸	۱۰۳۹±۱۷۱	۱۰۴۳±۱۸۷	
کنترل	هفته ۱	ی.ت.ب	۸۸/۸±۱۴/۶	۵۶/۹±۱۳/۲	۵۲/۸±۱۳/۴	۵۷/۰±۱۰/۲	۴۳/۱±۹/۲	۴۶/۹±۸/۱
	هفته ۱۲	ی.ت.ب	۸۷/۷±۱۴/۶	۵۵/۷±۱۳/۰	۵۲/۵±۱۳/۶	۵۶/۲±۱۱/۰	۴۳/۱±۹/۱	۴۶/۶±۸/۲

ی.ت.ب: یک تکرار بیشینه

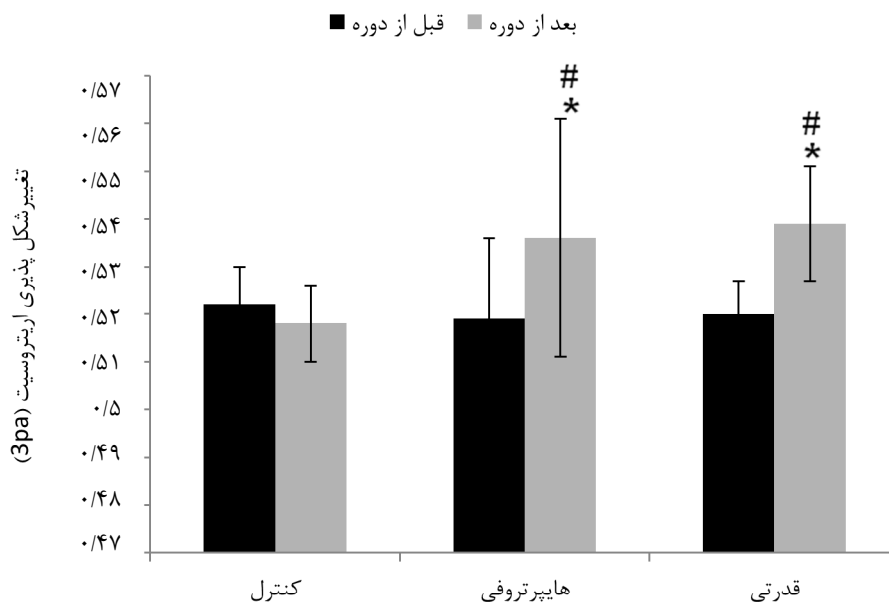
جدول ۳. مقادیر (میانگین  $\pm$  انحراف معیار) عوامل همورئولوژیکی قبل و پس از دوره تمرین در سه گروه.

گروه	مرحله اندازه گیری	ویسکوزیته خون (میلی پاسکال)	ویسکوزیته پلاسما (میلی پاسکال)	هماتوکریت (درصد)	فیبرینوژن (میلی گرم/دسی لیتر)	آلبومین (گرم/دسی لیتر)	پروتئین تام (گرم/دسی لیتر)
هایپرتروفی	قبل از دوره	۴/۹ $\pm$ ۰/۴	۱/۲۹ $\pm$ ۰/۰۸	۴۵/۶ $\pm$ ۳/۵	۲۶۰/۶ $\pm$ ۳۹/۲	۴/۵۴ $\pm$ ۰/۴۸	۷/۱۴ $\pm$ ۰/۲۷
	پس از دوره	۴/۵ $\pm$ ۰/۳*	۱/۱۱ $\pm$ ۰/۱۴\$*	۴۵/۱ $\pm$ ۳/۳	۲۴۲/۹ $\pm$ ۳۰/۵	۴/۵۸ $\pm$ ۰/۲۲	۶/۸۵ $\pm$ ۰/۲۸*
قدرتی پیشینه	قبل از دوره	۴/۷ $\pm$ ۰/۵	۱/۲۴ $\pm$ ۰/۰۸	۴۵/۹ $\pm$ ۲	۲۵۳/۹ $\pm$ ۲۳/۷	۴/۵۶ $\pm$ ۰/۲۳	۶/۹۶ $\pm$ ۰/۳۹
	پس از دوره	۴/۶ $\pm$ ۰/۴	۱/۱۷ $\pm$ ۰/۰۵*	۴۶/۷ $\pm$ ۲/۳	۲۳۳/۷ $\pm$ ۳۴/۸	۴/۵۶ $\pm$ ۰/۱۸	۶/۷۱ $\pm$ ۰/۴۵*
کنترل	قبل از دوره	۴/۷ $\pm$ ۰/۵	۱/۲۴ $\pm$ ۰/۰۶	۴۵/۵ $\pm$ ۲/۶	۲۶۰/۹ $\pm$ ۳۷/۶	۴/۶۱ $\pm$ ۰/۲۳	۷/۱ $\pm$ ۰/۳۶
	پس از دوره	۴/۷ $\pm$ ۰/۶	۱/۲۹ $\pm$ ۰/۰۴	۴۵/۳ $\pm$ ۲/۱	۲۵۷/۸ $\pm$ ۳۶/۲	۴/۵۵ $\pm$ ۰/۲۰	۷/۱ $\pm$ ۰/۱۹
ارزش P برای مقایسه بین گروهی		۰/۰۱۳	< ۰/۰۰۱	۰/۱۲۵	۰/۳۶۸	۰/۵۹۸	۰/۰۰۶

\*علامت تفاوت معنی دار نسبت به گروه کنترل و \$ تفاوت معنی دار بین گروه‌های تمرین می‌باشد.



شکل ۱. میزان تجمع پذیری گلبول‌های قرمز (میانگین  $\pm$  انحراف معیار) قبل و پس از دوره تمرین در سه گروه. \*علامت تفاوت معنی دار نسبت به گروه کنترل و # علامت تفاوت معنی دار بین قبل و بعد از دوره در هر گروه می‌باشد.



شکل ۲. میزان تغییر شکل پذیری گلبول‌های قرمز (میانگین  $\pm$  انحراف معیار) قبل و پس از دوره تمرین در سه گروه: \* علامت تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه کنترل و # علامت تفاوت معنی‌دار بین قبل و بعد از دوره در هر گروه می‌باشد.

### بحث و نتیجه‌گیری

همورئولوژیکی بویژه افت تجمع پذیری ارتروسیست‌ها باید اشاره داشت که فشارهای مکانیکی-متابولیکی ناشی از تمرینات مقاومتی احتمالاً با افزایش فشار دیواره عروقی و فشردگی ارتروسیست‌های در حال عبور از مویرگهای کف دست و پا حین اجرای تمرینات مقاومتی، ضمن همولیز ارتروسیست‌های پیر در حال عبور از مویرگ‌های درگیر در عضلات اسکلتی باعث کاهش سهم ارتروسیست‌های پیر در کل جمعیت گلبول‌های قرمز می‌شود. بنابراین، پایین بودن میزان تجمع پذیری گلبول‌های قرمز در پس از تمرینات مقاومتی ممکن است به دلیل بالا بودن سهم ارتروسیست‌های جوان باشد (۲۰)، چرا که میزان دانسیته شارژ سطح سلولی (جنبش الکتروفور تیک) و اسید سیالیک غشای سلولی در ارتروسیست‌های جوان بسیار بیشتر از ارتروسیست‌های پیرتر است (۸). همچنین، تغییر شکل مکانیکی گلبول‌های قرمز جوان سبب آزاد سازی ATP می‌شود که با اتصال به گیرنده‌های پورینرژیک عضلات صاف اندوتلیال و تولید NO در این سلول‌ها، فعال شدن گوانیل سیکلاز و افزایش cGMP را به دنبال دارد که نهایتاً منجر به فعال شدن پروتئین کیناز G و رگ گشایی می‌شود (۲۱)، لذا

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد، قدرت عضلانی (1-RM) در گروه‌های تمرین ۲۴ الی ۴۷ درصد افزایش یافته است. همچنین، در هر دو گروه تمرین، چربی بدن ۲۳ الی ۲۵ درصد کاهش و توده بدون چربی نیز ۴/۷ الی ۶/۲ درصد افزایش داشته است که این یافته‌ها با نتایج تحقیقات انجام شده در زمینه تمرینات مقاومتی همسو می‌باشند (۱۷، ۱۸). افزایش قدرت عضلانی را طی ۱۲ هفته تمرین مقاومتی، می‌توان به بهبود فرایند عصب‌دهی و فراخوانی بهتر تارهای عضلانی و تا حدودی افزایش توده عضلانی نسبت داد (۱۸). از سوی دیگر، تغییرات هورمون‌های آندروژنیک و همچنین، تغییرات آنزیماتیک ناشی از تمرینات مقاومتی، در راستای افزایش توده عضلانی و توانایی عضله در مصرف چربی (۱۹) از جمله سازوکارهایی است که در افزایش میزان سوخت‌وساز و کاهش توده چربی مؤثر می‌باشند. نتایج تحقیق حاضر مبنی بر افزایش تغییر شکل پذیری و کاهش تجمع پذیری ارتروسیست‌ها متعاقب ۱۲ هفته تمرین مقاومتی هایپرتروفی و قدرتی بیشینه در مردان سالم غیر فعال، با نتایج تحقیق کیلیک توپراک و همکاران (۲۰۱۲) همسو است (۹). در رابطه با تغییرات مطلوب برخی از شاخص‌های

این فرایند با کاهش تجمع اریتروسیت‌ها همراه خواهد بود. به علاوه، افزایش توان دستگاه ضد اکسایشی و عوامل ضد التهابی متعاقب تمرینات مقاومتی، ممکن است باعث کاهش فیبرینوژن به عنوان مهمترین تعیین کننده خارج سلولی تجمع پذیر اریتروسیت‌ها شود (۲۲). بر این اساس و با توجه به فرضیه ضربانگر غشاء، ممکن است ترکیب مولکولی غشاء گلبول قرمز در پستانداران (افزایش سهم اسیدهای چرب سیس) به عنوان یک عامل تنظیم کننده متابولیک سلولی (سیالیت و نفوذ پذیری غشا) و تغییر شکل پذیری در غشای اریتروسیته به شکل بهینه‌ای تغییر پیدا کند (۲۳) و از این طریق باعث افزایش سیالیت غشا و افت تجمع پذیری در گلبول‌های قرمز خون شود (۲۴). از سوی دیگر، محتوای زیاد L- آرژینین در اریتروسیت‌های جوان با افزایش تولید NO و افزایش تغییر شکل پذیری گلبول‌های قرمز همراه است. به طوری که NO با نیتروزیلایون سایتواسکلتال و اسپکتین باعث افزایش تغییر شکل پذیری گلبول قرمز می‌شود (۲۵). به نظر می‌رسد، شدت اعمال شده در هر دو برنامه تمرینی در تحقیق حاضر، جهت ایجاد سازگاری لازم در زمینه تجمع پذیری و تغییر شکل پذیری گلبول قرمز مناسب بوده است، لذا تفاوت معنی دار بین دو گروه مشاهده نشد. البته، طبق نظر برخی محققین، اثرات تمرینات مقاومتی بر تغییرات شاخص‌های همورئولوژیکی ممکن است به دلیل برخی از عوامل و سازوکارهای مختلف دیگر متفاوت باشد. به طوری که برخی اشاره داشته‌اند که افزایش ترشح و سطح هورمون تستوسترون و سایر عوامل آنابولیکی مانند اریتروپوئیتین پس از تمرینات مقاومتی ممکن است با افزایش تولید گلبول‌های قرمز باعث بالا رفتن هماتوکریت و ویسکوزیته خون یا حتی افزایش تجمع پذیری گلبول‌های قرمز شود (۲۶، ۲۷، ۲۰). در این راستا، اتابک و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی اثر شش هفته تمرین مقاومتی ملایم و شدید بر عوامل رئولوژیکی گلبول قرمز اشاره داشتند که تغییر معنی داری در تجمع پذیری گلبول‌های قرمز در هیچ یک از گروه‌های تمرینی مشاهده نکردند (۱۳). از مهمترین عواملی که ممکن است در تضاد نتایج مطالعه حاضر با نتایج اتابک و همکاران دخالت داشته باشد، می‌توان به وضعیت آزمودنی‌ها و کوتاهی دوره تمرین اشاره داشت. زیرا،

آزمونی‌های شرکت کننده در تحقیق اتابک و همکاران ورزشکار بوده‌اند و ممکن است سازگاری‌های ناشی از ورزش از قبل در آنها به وجود آمده باشد و همچنین، کوتاهی دوره تمرین نیز فرصت لازم را جهت ایجاد سازگاری بیشتر را فراهم نکرده است. افت معنی دار ویسکوزیته خون در گروه تمرین مقاومتی هایپرتروفی و افت معنی دار ویسکوزیته پلاسما متعاقب تمرینات مقاومتی هایپرتروفی و قدرتی بیشینه، یافته‌های تحقیقات قبلی (۹، ۱۰) را مورد تایید قرار می‌دهد. در رابطه با تأثیر ورزش بر ویسکوزیته خون و پلاسما سازوکارهای متعددی وجود دارد. در این راستا، تحقیقات نشان داده‌اند که هماتوکریت و ویسکوزیته پلاسما، تعیین کننده‌های اصلی ویسکوزیته خون می‌باشند. از سوی دیگر، تغییرات فیبرینوژن به عنوان عامل اصلی میزان ویسکوزیته پلاسما محسوب می‌شود (۲۸). از آنجائیکه کاهش هماتوکریت سبب افزایش سیالیت خون می‌گردد، کاهش جزئی مشاهده شده در هماتوکریت با کاهش ویسکوزیته خون در گروه هایپرتروفی همسو است که علت احتمالی آن، افزایش اندک آلبومین می‌باشد که با حفظ فشار اسموتیک و افزایش میزان پلاسما سبب کاهش هماتوکریت شده است. از طرفی، عدم تغییر معنی دار ویسکوزیته خون در گروه قدرتی بیشینه با افزایش جزئی هماتوکریت و عدم تغییر آلبومین در این گروه همخوانی دارد که احتمالاً مربوط به افزایش تولید اریتروسیت بیشتر ناشی از هایپوکسی و افزایش اریتروپوئیتین همراه با تمرینات قدرتی بیشینه است که سبب افزایش هماتوکریت و ویسکوزیته خون خواهد شد (۲۹). البته با توجه به عدم اندازه‌گیری سطوح اریتروپوئیتین در تحقیق حاضر، اظهار نظر قطعی در این زمینه به تحقیقات بیشتر نیاز دارد. به علاوه، با عنایت به اینکه سیستم عصبی، متابولیکی، هورمونی و عضلانی نسبت به حجم تمرین و مدت زمان استراحت بین تواترها و حرکات بسیار حساس می‌باشند (۳۰)، احتمالاً تمرین مقاومتی هایپرتروفی - نسبت به تمرین قدرتی بیشینه - سازگاری بیشتری را در تغییرات آنزیماتیک در راستای افزایش توانایی عضله در مصرف چربی‌ها و در نتیجه کاهش چربی پلاسما و کاهش ویسکوزیته خون و پلاسما ایجاد کرده است (۱۹). همچنین، با توجه به اینکه فیبرینوژن سبب اتصال گلبول‌های قرمز به یکدیگر و به دیواره



عضلانی، کاهش توده چربی، بهبود ترکیب بدنی و اعتماد به نفس در تمامی رده‌های سنی، در تحقیق حاضر نیز اثرات دو نوع تمرین مقاومتی هایپر تروفی و قدرتی بیشینه بر تغییرات مطلوب عوامل همورئولوژیکی، افزایش قدرت عضلانی، افزایش توده بدون چربی و کاهش درصد چربی بدن نشان داده شد. بنابراین می‌توان این تمرینات را در راستای بهبود عوامل همورئولوژیکی، ترکیب بدنی، افزایش قدرت و کاهش ذخایر چربی پیشنهاد نمود. با این حال، احتمالاً با طولانی‌تر کردن مدت دوره تمرین، همراه با کنترل تغذیه‌ای، می‌توان اثرات برنامه‌های مختلف تمرینات مقاومتی را بر تغییرات مطلوب معنی‌دار سایر عوامل همورئولوژیکی از جمله فیبرینوژن مشاهده کرد. همچنین، می‌توان با بررسی تغییرات وضعیت ضداکسایشی پلاسما، دانسیته شارژ سطحی و ترکیب غشاء گلبول قرمز و همچنین تغییرات دیواره عروق و هورمون‌های آندروژنیک طی تمرینات مقاومتی، به نتایج بهتری دست یافت.

بر اساس یافته‌های تحقیق حاضر می‌توان نتیجه‌گیری نمود که هر دو نوع تمرین مقاومتی هایپر تروفی و قدرتی بطور مشابهی بر ویژگی‌های رئولوژیکی گلبول‌های قرمز (تغییر شکل‌پذیری و تجمع‌پذیری اریتروسیت‌ها) مردان سالم غیر فعال تأثیر دارند، ولی تمرین مقاومتی هایپر تروفی باعث بهبود بیشتر ویسکوزیته خون و پلاسما و در نهایت سیالیت خون آن‌ها می‌شود. لذا، به مردان غیر فعال و سالمی که به قصد دستیابی به توده عضلانی بیشتر و یا افزایش قدرت و توان عضلانی در تمرینات مقاومتی هایپر تروفی و قدرتی بیشینه شرکت دارند، می‌توان گفت که بدون نگرانی از بروز تغییرات نامطلوب در شاخص‌های همورئولوژیکی مرتبط با ترمبوز به تمرینات مقاومتی ادامه دهند.

### تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از رساله دوره دکتری فیزیولوژی ورزشی از دانشگاه تبریز می‌باشد. لذا از تمامی آزمودنی‌های این پژوهش که داوطلبانه شرکت و همکاری نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

عروق شده و باعث افزایش ویسکوزیته خون می‌گردد و پروتئین‌های پلاسما نیز در ویسکوزیته پلاسما مؤثر می‌باشند، لذا کاهش هر چند غیر معنی‌دار فیبرینوژن و همچنین، کاهش معنی‌دار پروتئین تام، با کاهش ویسکوزیته خون و پلاسما در گروه‌های تمرین نیز مطابقت دارد. فیبرینوژن به عنوان یک پروتئین مرحله حاد، واکنشگر به وضعیت التهابی است. از جمله سازوکارهای احتمالی تأثیرگذار بر کاهش فیبرینوژن در تمرین مقاومتی، کاهش تولید IL-6 به علت کاهش درصد چربی بدن در این نوع تمرینات است. از آنجائیکه IL-6 به عنوان محرک تولید فیبرینوژن می‌باشد لذا کاهش آن سبب کاهش فیبرینوژن خواهد شد. سازوکار دیگری که در این زمینه می‌توان به آن اشاره کرد، تقویت وضعیت ضد اکسایشی در تمرینات مقاومتی می‌باشد که کاهش التهاب را به دنبال خواهد داشت. بنابراین با کاهش التهاب میزان تولید فیبرینوژن کاهش خواهد یافت (۳۱). کاهش پروتئین تام نیز ممکن است مربوط به کاهش سطوح پروتئولیز و تقویت دستگاه ضداکسایشی و ضد التهابی باشد (۳۲، ۳۳). با این وجود، یافته‌های تحقیق حاضر مبنی بر کاهش ویسکوزیته خون و پلاسما با نتایج هیکسون<sup>۱۱</sup> و همکاران (۱۹۹۰) مغایر است (۳۳). هیکسون و همکاران (۱۹۹۰) طی تحقیق مقطعی بیان داشتند که ویسکوزیته خون بدنسازان افزایش می‌یابد که احتمالاً به علت مصرف داروهای نیروزا و مکمل‌های پروتئینی می‌باشد. زیرا، مصرف داروهای مکمل‌های پروتئینی و ارگوژنیک می‌تواند با افزایش محتوای پروتئین‌های خون و پلاسما باعث افزایش ویسکوزیته خون و پلاسما شود (۳۳). البته، نتیجه تحقیق حاضر همسو با نتایج فارینها<sup>۱۲</sup> و همکاران (۲۰۱۴)، به عدم تغییر معنی‌دار سطح آلبومین خون مردان شرکت‌کننده در تمرینات مقاومتی اشاره دارد (۳۴). فارینها و همکاران در بررسی اثر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی سبک در مردان میانسال غیر فعال، تفاوت معنی‌داری در آلبومین سرم آنها مشاهده نکردند (۳۴) که علت احتمالی آن افزایش حجم پلاسما می‌باشد.

به طور کلی، با عنایت بر فواید حتمی تمرینات مقاومتی در پیشگیری از بیماری‌های قلبی-عروقی، بهبود بیماری‌های دیابت، سندرم متابولیک (۳۵)، سرطان (۳) و با توجه به اثرات این نوع تمرینات در افزایش قدرت و توده

- medical journal of experimental and clinical research. 2012;18(6):CR351.
10. Ghanbari-Niaki A, Saeidi A, Aliakbari-Beydokhti M, Ardeshiri S, Kolahdouzi S, Chaichi MJ, et al. Effects of Circuit Resistance Training with Crocus Sativus (Saffron) Supplementation on Plasma Viscosity and Fibrinogen. *Annals of Applied Sport Science*. 2015;3(2):1-10.
  11. Kordi M, Ahmadizad S, Dabagh nikookheslatet S, gaeeni A, ravasi A, Ebrahimi H, et al. "Effect 12 week resistance training on rest levels of hemorheology parameters in young men. " *journal of Exercise physiology*. 2010; 27: 105-122.
  12. Brun JF. Exercise hemorheology as a three acts play with metabolic actors: is it of clinical relevance? *Clinical hemorheology and microcirculation*. 2002;26(3):155-74.
  13. Cakir-Atabek H, Atsak P, Gunduz N, Bor-Kucukatay M. Effects of resistance training intensity on deformability and aggregation of red blood cells. *Clinical hemorheology and microcirculation*. 2009;41(4):251-61.
  14. Montrezol F, Antunes H, Almeida V, Gomes R, Medeiros A. Resistance Training Promotes Reduction in Blood Pressure and Increase Plasma Adiponectin of Hypertensive Elderly Patients. *J Hypertens*. 2014;3(185):2167-1095.10001.
  15. Vingren JL, Kraemer WJ, Hatfield DL, Anderson JM, Volek JS, Ratamess NA, et al. Effect of resistance exercise on muscle steroidogenesis. *Journal of Applied Physiology*. 2008;105(6):1754-60.
  16. Ghanbari A, Tayebi SM. The Effect of a Single Session of Eccentric Resistance Exercise on Some Parameters of White Blood Cells. *Annals of Applied Sport Science*. 2013;1(4):17-26.
  17. Simão R, Spinetti J, de Salles BF, Matta T, Fernandes L, Fleck SJ, et al. Comparison between nonlinear and linear periodized resistance training: hypertrophic and strength effects. *The Journal of strength & conditioning research*. 2012;26(5):1389-95.
  18. Ribeiro AS, Avelar A, Schoenfeld BJ, Trindade MC, Ritti-Dias RM, Altimari LR, et al. Effect of 16 weeks of resistance training on fatigue resistance in men and women. *Journal of human kinetics*. 2014;42(1):165-74.
  19. Lira FS, Yamashita AS, Uchida MC, Zanchi NE, Gualano B, Martins E, et al. Low and moderate, rather than high intensity strength exercise induces benefit regarding plasma lipid profile. *Diabetology & metabolic syndrome*. 2010; 2(1):

## بی‌نوشت‌ها

1. Hemorheology
2. Deformability
3. Aggregability
4. Kilic-Toprak
5. Atabek
6. One repetition maximum
7. cell counter
8. Biosystems
9. Stago
10. Clauss
11. Hickson
12. Farinha

## منابع

1. Sloop G, Holsworth RE, Weidman JJ, St Cyr JA. The role of chronic hyperviscosity in vascular disease. *Therapeutic advances in cardiovascular disease*. 2015;9(1):19-25.
2. Jahani A, Rejeh N, Heravi-Karimooi M, Hadavi A, Zayeri F, Khatooni AR. The relationship between spiritual health and quality of life in patients with coronary artery disease. *Islamic lifestyle centered on health*. 2013;1(2):17-21.
3. Donatto F, Neves R, Rosa F, Camargo R, Ribeiro H, Matos-Neto E, et al. Resistance exercise modulates lipid plasma profile and cytokine content in the adipose tissue of tumour-bearing rats. *Cytokine*. 2013;61(2):426-32.
4. Ahmadizad S, El-Sayed MS, MacLaren DP. Effects of water intake on the responses of haemorheological variables to resistance exercise. *Clinical hemorheology and microcirculation*. 2006;35(1, 2):317-27.
5. El-Sayed MS, Ali N, Ali ZE-S. Haemorheology in exercise and training. *Sports Medicine*. 2005;35(8):649-70.
6. Kim J, Lee H, Shin S. Advances in the measurement of red blood cell deformability: A brief review. *Journal of Cellular Biotechnology*. 2015;1(1):63-79.
7. Kim J, Lee H, Shin S. Advances in the measurement of red blood cell deformability: A brief review. *Journal of Cellular Biotechnology*. 2015;1(1):63-79.
8. Kim J, Lee H, Shin S. Advances in the measurement of red blood cell deformability: A brief review. *Journal of Cellular Biotechnology*. 2015;1(1):63-79.
9. Kilic-Toprak E, Ardic F, Erken G, Unver-Kocak F, Kucukatay V, Bor-Kucukatay M. Hemorheological responses to progressive resistance exercise training in healthy young males. *Medical science monitor: international*

32. Joy JM, Gundermann DM, Lowery RP, Jäger R, McCleary SA, Purpura M, et al. Phosphatidic acid enhances mTOR signaling and resistance exercise induced hypertrophy. *Nutrition & metabolism*. 2014;11(1):29.
33. Hickson Jr J, Johnson T, Lee W, Sidor R. Nutrition and the precontest preparations of a male bodybuilder. *Journal of the American Dietetic Association*. 1990;90(2):264-7.
34. Farinha J, Martins M, Benetti C. Impact of resistance training on quality of life and ischemia modified albumin levels in men with cardiovascular risk factors. *Heart Res Open J*. 2014;1(1):14-20.
35. Oliveira PFA, Gadelha AB, Gauche R, Paiva FML, Bottaro M, Vianna LC, et al. Resistance training improves isokinetic strength and metabolic syndrome-related phenotypes in postmenopausal women. *Clinical interventions in aging*. 2015;10:1299.
- 31.
20. Mairböurl H. Red blood cells in sports: effects of exercise and training on oxygen supply by red blood cells. *Frontiers in physiology*. 2013;4.
21. Connes P, Dufour S, Pichon A, Favret F. Blood Rheology, Blood Flow and Human Health. *Nutrition and Enhanced Sports Performance*. 2013:283.
22. Brun J-F, Varlet-Marie E, Connes P, Aloulou I. Hemorheological alterations related to training and overtraining. *Biorheology*. 2010;47(2):95-115.
23. Weijers R. Membrane flexibility and exercise: a guide to Type 2 diabetes mellitus. *J Diabet Metab S*. 2013;10.
24. Marini M, Abruzzo PM, Bolotta A, Veicsteinas A, Ferreri C. Aerobic training affects fatty acid composition of erythrocyte membranes. *Lipids in health and disease*. 2011;10(1):188.
25. Bizjak DA, Brinkmann C, Bloch W, Grau M. Increase in red blood cell-nitric oxide synthase dependent nitric oxide production during red blood cell aging in health and disease: a study on age dependent changes of rheologic and enzymatic properties in red blood cells. *PLoS One*. 2015;10(4):e0125206.
26. Kon M, Ohiwa N, Honda A, Matsubayashi T, Ikeda T, Akimoto T, et al. Effects of systemic hypoxia on human muscular adaptations to resistance exercise training. *Physiological reports*. 2015;3(1):e12267.
27. Izquierdo M, Ibañez J, Calbet JA, Navarro-Amezqueta I, González-Izal M, Idoate F, et al. Cytokine and hormone responses to resistance training. *European journal of applied physiology*. 2009;107(4):397.
28. Simmonds MJ, Connes P, Sabapathy S. Exercise-induced blood lactate increase does not change red blood cell deformability in cyclists. *PLoS One*. 2013;8(8):e71219.
29. Pichon A, Lamarre Y, Voituron N, Marchant D, Vilar J, Richalet J-P, et al. Red blood cell deformability is very slightly decreased in erythropoietin deficient mice. *Clinical hemorheology and microcirculation*. 2014;56(1):41-6.
30. Schoenfeld BJ. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. *Sports medicine*. 2013;43(3):179-94.
31. Myint PK, Luben RN, Wareham NJ, Welch AA, Bingham SA, Khaw K-T. Physical activity and fibrinogen concentrations in 23,201 men and women in the EPIC-Norfolk population-based study. *Atherosclerosis*. 2008;198(2):419-25.