

تأثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی بر سطوح استراحتی متغیرهای همورئولوژی مردان جوان

*دکتر محمدرضا کردی^۱، دکتر سجاد احمدی زاده^۲، دکتر سعید دباغ نیکو خصلت^۳،
دکتر عباسعلی کابینی^۴، دکتر علی اصغر رواسی^۵، دکتر هادی ابراهیمی^۶،
دکتر علی اکبر موثق پور^۷، دکتر شیرین بیری^۸

تاریخ دریافت مقاله: ۸۸/۲/۲۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۸۸/۴/۸

چکیده

رئولوژی زیستی، شاخه‌ای از بیولوژی است که به مطالعه جریان و تغییر شکل مواد زیستی تحت نیروهای وارده می‌پردازد و با تأکید بیشتر بر خون این علم را همورئولوژی نامیده‌اند. ارتباط آمادگی جسمانی و وضعیت همورئولوژیکی در تحقیقات متعددی گزارش شده است. علی‌رغم اهمیت تمرینات مقاومتی بر سلامت افراد، تأثیر این تمرینات بر همورئولوژی مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین، هدف تحقیق حاضر بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی فزاینده بر متغیرهای همورئولوژیکی مردان جوان سالم بود. به همین منظور، تعداد ۲۰ دانشجوی پسر غیرورزشکار سالم به‌طور تصادفی به دو گروه ۱۰ نفره تمرین (میانگین \pm انحراف معیار، سن: $22/0 \pm 1/7$ سال، درصد چربی: $15/5 \pm 2/0$ ، قد: $177/3 \pm 3/7$ سانتی‌متر و وزن: $77/5 \pm 3/7$ کیلوگرم) و کنترل (میانگین \pm انحراف معیار، سن: $22/5 \pm 2/1$ سال، درصد چربی: $15/1 \pm 2/5$ ، قد: $174/0 \pm 2/7$ سانتی‌متر و وزن: $74/4 \pm 2/7$ کیلوگرم) تقسیم شدند. آزمودنی‌های گروه تمرین برای ۱۲ هفته و هر هفته سه جلسه با شدت‌های متفاوتی تمرین کردند. ابتدا، تمرینات با شدت ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه (۱-RM) شروع شد و در پایان هفته چهارم شدت تمرین به ۶۰ درصد ۱-RM و در پایان هفته هشتم به ۷۰ درصد ۱-RM افزایش یافت. هر جلسه تمرین شامل سه ست ۱۰ تکراری برای هشت حرکت

۱. استادیار دانشگاه تهران

۲. استادیار دانشگاه شهید بهشتی

۳. استادیار دانشگاه تبریز

۴ و ۵. دانشیار دانشگاه تهران

۶. دانشکده علوم پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تبریز

۷. مرکز تحقیقات هماتولوژی و آنکولوژی دانشگاه علوم پزشکی تبریز

۸. مرکز تحقیقات علوم اعصاب دانشگاه علوم پزشکی تبریز

پرس سینه، چهارسر ران، پرس سرشانه، دراز و نشست در سطح شیب‌دار، پارویی، کشش پایینی (لت پول)، جلو بازو و پرس پا بود. نمونه‌های خونی قبل از تمرین و در انتهای هفته‌های چهارم، هشتم و دوازدهم جمع آوری شدند و برای اندازه گیری ویسکوزیته خون، ویسکوزیته پلاسما، فیبرینوژن، آلبومین، پروتئین تام و هماتوکریت مورد آنالیز قرار گرفتند. برای تحلیل داده‌ها از تحلیل واریانس دو طرفه مکرر با عامل بین گروهی استفاده شد. نتایج نشان دادند که ویسکوزیته خون، ویسکوزیته پلاسما، فیبرینوژن، پروتئین تام و هماتوکریت در پایان هفته‌های چهارم و هشتم کاهش معنی‌داری ($P < 0.05$) داشتند که هم‌زمان، کاهش معنی‌داری در درصد چربی و وزن بدن نیز مشاهده شد ($P < 0.05$). با وجود این، با افزایش شدت تمرین به ۷۰ درصد ۱-RM در چهار هفته پایانی، علی‌رغم کاهش معنی‌دار درصد چربی بدن متغیرهای همورئولوژیکی تقریباً به سطوح قبل از تمرین بازگشتند. بر اساس یافته‌های تحقیق حاضر، تمرین مقاومتی با شدت‌های ۵۰ و ۶۰ درصد ۱-RM می‌تواند سبب بهبود سطوح استراحتی متغیرهای همورئولوژیکی شود که با افزایش شدت تمرین، این تغییرات به سطوح اولیه قبل از تمرین باز می‌گردند.

کلید واژه‌های فارسی: تمرین مقاومتی، ویسکوزیته خون، ویسکوزیته پلاسما، فیبرینوژن، هماتوکریت.

مقدمه

رئولوژی زیستی، شاخه‌ای از بیولوژی است که به مطالعه جریان و تغییر شکل مواد زیستی تحت نیروهای وارده می‌پردازد و با تأکید بیشتر بر خون این علم را همورئولوژی نامیده‌اند. ویسکوزیته خون مهم‌ترین تعیین‌کننده سیستم همورئولوژی است؛ به طوری که هر چه ویسکوزیته خون بیشتر باشد، جریان خون نیز آهسته‌تر خواهد شد. از دیدگاه نظری کاهش ویسکوزیته خون سبب بهبود رهایی اکسیژن به عضله افراد ورزیده می‌شود (۱). چندین عامل بر ویسکوزیته خون تأثیرگذار هستند که از میان آنها می‌توان به ویسکوزیته پلاسما، هماتوکریت، پروتئین‌های پلاسما از قبیل فیبرینوژن و آلبومین، تجمع و تغییر شکل‌پذیری گلبول‌های قرمز خون اشاره کرد. ویسکوزیته پلاسما، با افزایش پروتئین‌های پلاسما افزایش می‌یابد اما با این حال پروتئین‌های مختلف تأثیرات متفاوتی را بر میزان ویسکوزیته پلاسما می‌گذارند. فیبرینوژن، یکی از پروتئین‌های اثرگذار بر ویسکوزیته پلاسما به حساب می‌آید و با نقش محوری خود در هموستاز خون، نقش تعیین‌کننده‌ای بر تجمع گلبول‌های قرمز خون به عهده دارد (۲). فیبرینوژن، ویژگی غیرنیوتنی خون را افزایش می‌دهد و همچنین در میزان رسوب گلبول‌های قرمز خون تأثیرگذار است (۳). تأثیر فیبرینوژن بر ویسکوزیته پلاسما را هنگام

ارزیابی ویسکوزیته سرم می‌توان مشاهده کرد، به طوری که ویسکوزیته پلاسما به میزان ۲۰ درصد بیشتر از ویسکوزیته سرم است (۴). یک ارتباط خطی لگاریتمی بین هماتوکریت و ویسکوزیته خون وجود دارد، اما این وضعیت لگاریتمی خطی برای یک دامنه از هماتوکریت ۲۰ تا ۶۰ درصد صادق است، که در ماورای این مقدار میزان افزایش ویسکوزیته خون با افزایش هماتوکریت به صورت غیرخطی خواهد بود (۵). این افزایش در ویسکوزیته با افزایش هماتوکریت سبب کاهش گرادیان سرعت می‌شود (۶).

همورئولوژی فعالیت بدنی، موضوع مطالعات بسیاری است که روی ورزشکاران، افراد غیرفعال و بیماران با عارضه‌های مختلف صورت می‌گیرد. با این حال پرسش‌های فراوانی وجود دارند که هنوز پاسخ داده نشده‌اند (۷،۸). تحقیقات متعددی حاکی از پایین بودن مقادیر همورئولوژیکی از قبیل ویسکوزیته پلاسما، فیبرینوژن و ویسکوزیته خون دوندگان ماراتن نسبت به دوندگان دیگر است و همچنین ارتباط معکوس ویسکوزیته نسبی خون با عملکرد قایقرانی کلاس جهانی مشاهده شده است (۶). با این حال، سه هفته تمرین هوازی نیز تأثیری بر ویسکوزیته نسبی بازیکنان نخبه فوتبال نشان نداده است (۹). در مجموع، مطالعات مقطعی نشان داده‌اند که ورزشکاران با آمادگی جسمانی بالا دارای ویسکوزیته خون، ویسکوزیته پلاسما و هماتوکریت کمتری هستند که این وضعیت یک مزیت رئولوژیکی برای ورزشکاران به حساب می‌آید (۱۱، ۱۰). علاوه بر این، مقایسه متغیرهای همورئولوژیکی در بازیکنان مهاجم نشان داد که این بازیکنان دارای ویسکوزیته خون بیشتری هستند و همچنین نشان داده شد که در زنان بازیکن راگی ویسکوزیته خون ارتباطی منفی با سطح آمادگی جسمانی دارد، این در حالی بود که مقادیر ویسکوزیته پلاسما و هماتوکریت، مشابه هم بودند (۱۲).

ورزش مقاومتی یا تمرین با وزنه، یکی از شکل‌های مرسوم تمرین است که به طور گسترده توسط افراد عادی و ورزشکاران حرفه‌ای برای بهبود وضعیت آمادگی جسمانی، بهبود اجراء، جلوگیری از بروز آسیب‌ها، افزایش حجم عضلانی و همین‌طور در برنامه‌های توانبخشی استفاده می‌شود (۱۳). گزارش‌های فراوانی در دسترس هستند که حاکی از تغییرات قابل توجه در وضعیت سوخت و سازی، هورمونی و ترکیب بدنی در اثر شرکت در برنامه‌های تمرینات مقاومتی می‌باشند (۱۴). در مقایسه با دوی تداومی، تمرین مقاومتی سنگین یک محرک غیر اکسایشی نیرومند است که پاسخ‌های عصبی، متابولیکی و عصبی - هورمونی متفاوتی را ایجاد می‌کند (۱۵). در ارتباط با همورئولوژی و فعالیت مقاومتی تحقیقات اندکی در دسترس است. تنها چند تحقیق، اثرات یک جلسه‌ای و یا کوتاه مدت فعالیت مقاومتی را بر متغیرهای همورئولوژیکی مورد بررسی قرار داده‌اند (۱۰، ۱۶). بران (۲۰۰۲) طی مطالعه‌ای مقطعی به هیچ‌گونه مزیت رئولوژیکی در بدنسازان دست

نیافت (۱۰). احمدی زاد و السید نیز تأثیر یک جلسه فعالیت ورزشی مقاومتی سه سستی با ۵-۷ تکرار برای شش حرکت با شدت ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه را روی متغیرهای خونی تعداد ۲۱ مرد سالم مورد بررسی قرار دادند (۱۶). در این پژوهش، در پاسخ به فعالیت یک جلسه ای ورزش مقاومتی، متغیرهای همورئولوژیکی به طور معنی داری افزایش یافتند و در پایان دوره ریکاوری دوباره به سطوح قبل از فعالیت برگشتند (۱۶). در مطالعه‌ای دیگر، همین محققان مکانیسم مسئول تغییرات متغیرهای رئولوژیکی خون را در پاسخ به یک جلسه فعالیت مقاومتی مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که تغییرات رئولوژیکی خون در پاسخ به یک جلسه فعالیت مقاومتی، به طور عمده به علت انتقال پلاسما از فضای درون عروقی به فضای بین سلولی است (۱۷). با وجود اینکه اثرات مفید تمرین با وزنه در جهت کاهش چربی بدن، افزایش وزن بدون چربی بدن نشان داده شده است (۱۸، ۱۹)، تا به حال هیچ پژوهشی تأثیر تمرین مقاومتی بر فاکتورهای رئولوژیکی خون را مورد بررسی قرار نداده است. بنابراین تحقیق حاضر، با هدف بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی فزاینده بر متغیرهای همورئولوژیکی انجام گرفت. در این پژوهش، اثرات دوره‌های زمانی مختلف تمرین با شدت های مختلف همراه با افزایش ۱-RM بر این متغیرها نیز مورد بررسی قرار گرفت.

روش‌شناسی تحقیق

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی بود و به طریق آزمایش با طرح پیش و پس‌آزمون صورت گرفت. بدین منظور، تعداد ۲۰ دانشجوی پسر غیرورزشکار که از یک سال قبل در هیچ نوع فعالیت ورزشی منظمی شرکت نکرده بودند به دو گروه تمرین و کنترل تقسیم شدند. تمامی آزمودنی‌ها غیرسیگاری بودند و در زمان تحقیق تحت درمان خاصی قرار نداشتند. پس از ارزیابی‌های اولیه از قبیل ارزیابی پزشکی و تکمیل فرم رضایتنامه شرکت در تحقیق، آزمودنی‌ها در یک جلسه برای خونگیری اولیه به صورت ناشتا رأس ساعت ۸ صبح در آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی حضور یافتند. در این جلسه همچنین با اندازه‌گیری چربی زیر پوستی سه ناحیه سینه، شکم و ران طبق فرمول جکسون و پولاک درصد چربی بدن تعیین شد (۱۴). پس از این جلسه، کلیه آزمودنی‌ها در دو جلسه آشنایی اولیه تمرین با وزنه شرکت کردند و در جلسات یادشده، تمامی حرکات با وزنه مورد استفاده در تحقیق را تمرین کردند. پس از آشنایی آزمودنی‌ها با تمرینات با وزنه، حداکثر قدرت (یک تکرار بیشینه) برای هشت حرکت مورد نظر اندازه‌گیری شد. نحوه تعیین ۱-RM نیز برای هر حرکت با استفاده از روش افزایش بار مشخص شد که جابه‌جایی موفق آخرین وزنه به عنوان حداکثر قدرت در نظر گرفته شد (۱۶). پس از تعیین

RM-۱، کلیه آزمودنی‌های گروه تمرین برای مدت ۱۲ هفته و هر هفته سه جلسه به تمرینات مقاومتی پرداختند، در صورتی که آزمودنی‌های گروه کنترل در این دوره هیچ‌گونه فعالیت ورزشی منظمی نداشتند. چهار نمونه خون استراحتی قبل از شروع تمرینات، بعد از هفته‌های چهارم و هشتم و دوازدهم تمرین گرفته شدند. نمونه‌های خونی معمولاً ۷۲ ساعت پس از پایان آخرین جلسه تمرینی به صورت ناشتا گرفته شد. جهت تعیین اثر بخشی تمرین، RM-۱ به همراه چربی بدن هر چهار هفته یکبار اندازه‌گیری شدند.

جدول ۱. میانگین (\pm انحراف معیار) سن و درصد چربی گروه‌های تمرین و کنترل

گروه	سن (سال)	درصد چربی	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)
تمرین	۲۲/۰ \pm ۱/۷	۱۵/۵ \pm ۲/۰	۱۷۷/۳ \pm ۳/۷	۷۷/۵ \pm ۳/۷
کنترل	۲۲/۵ \pm ۲/۱	۱۵/۱ \pm ۴/۲	۱۷۴/۰ \pm ۲/۷	۷۴/۴ \pm ۲/۷

قرارداد تمرین مقاومتی

پس از آشنایی آزمودنی‌ها با تمرینات با وزنه و پس از تعیین یک تکرار بیشینه برای پنج حرکت بالاتنه، یک حرکت شکم و دو حرکت پایین‌تنه، کلیه آزمودنی‌های گروه تمرین در یک برنامه تمرین مقاومتی سه جلسه در هفته به مدت ۱۲ هفته شرکت کردند. آنان برای چهار هفته اول در هر جلسه سه ست ۱۰ تایی با ۵۰ درصد RM-۱ را برای هشت حرکت با وزنه انجام دادند و برای چهار هفته دوم و چهار هفته سوم شدت تمرینات به ترتیب به ۶۰ و ۷۰ درصد RM-۱ افزایش یافت. زمان استراحت بین ست‌ها و حرکات در تمام طول دوره تمرین یک دقیقه در نظر گرفته شده بود. حرکات و ترتیب اجرای آنها عبارت بودند از: ۱. پرس سینه ۲. چهار سر ران ۳. سر شانه ۴. شکم مایل ۵. پارویی ۶. لت پول ۷. جلو بازو و ۸. پرس پا (۲۰).

خونگیری و نحوه آنالیز نمونه‌ها

از آزمودنی‌ها پس از نشستن روی صندلی به مدت ۲۰ دقیقه، ۱۰ میلی لیتر خون از سیاهرگ وریدی بازویی گرفته شد. سپس نمونه خونی تهیه شده برای انجام آزمایشات CBC، همورئولوژی و بیوشیمی بدین شرح توزیع شد:

۱. آزمایشات مربوط به CBC: برای این منظور از لوله‌های حاوی اتیلن دی‌آمین تتراسدیک اسید استفاده شد و یک میلی‌لیتر برای تعیین مقادیر هماتوکریت، هموگلوبین و شمارش گلبول‌های قرمز خون مورد استفاده قرار گرفت. در فاصله کمتر از دو ساعت با استفاده از دستگاه

هماتوسیتومتر (سیستم HI یا سیستم بایر تک نیکون^۱) به روش فلوسیتوشیمی، متغیرهای مورد نظر مورد سنجش قرار گرفتند.

۲. **سنجش ویسکوزیته خون و پلاسما:** همانند آزمایشات CBC، سه میلی لیتر خون در لوله های حاوی اتیلن دیامین تتراسدیک اسید ریخته شد. یک میلی لیتر برای ویسکوزیته خون و دو میلی لیتر باقی مانده نیز برای تهیه پلاسما مورد استفاده قرار گرفت. جهت تهیه پلاسما نمونه خونی با سرعت ۲۰۰۰g به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شد و برای سنجش ویسکوزیته خون و پلاسما از دستگاه ویسکومتر (Wells-Brookfield Micro- Vis. Model LVT Cone-Plate) استفاده گردید.

۳. **فیبرینوژن:** به روش کمی، ابتدا پلاسمای مورد نظر با آب رقیق شد و به آن کلرور کلسیم اضافه گردید. به محض بروز رشته های فیبرین آنها با میله های شیشه ای جمع آوری و شست و شو داده شد تا سایر پروتئین های پلاسما از آن جدا شود. سپس فیبرین به دست آمده با روش پروتئین بدون نیترژن^۲ هضم، و پس از نسلریزاسیون^۳ ازت به طریق فتومتریک و با استفاده از کیت استاگو^۴ استاگو^۴ غلظت فیبرینوژن تعیین شد.

۴. **آزمایشات بیوشیمی:** باقی مانده خون به لوله های مخصوص تهیه سرم ریخته شد و پس از سانتریفوژ و خارج کردن فیبرینوژن، سرم مورد نظر تهیه گردید. برای سنجش آلومین و پروتئین تام، دستگاه اتوآنالایزر مورد استفاده قرار گرفت. برای آلومین، از روش بروموکرزل گرین^۵ و برای سنجش پروتئین تام از روش بیورت^۶ استفاده شد.

روش آماری

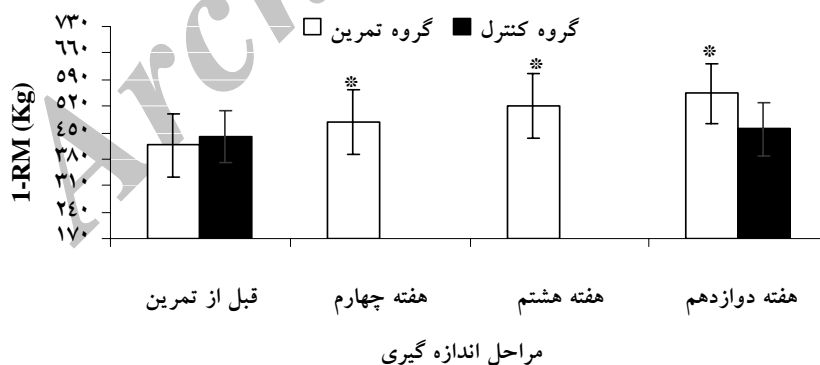
برای آنالیز آماری داده ها از نرم افزار SPSS مدل ۱۶ (Sichago, USA) استفاده شد. ابتدا وضعیت توزیع نرمال داده های به دست آمده با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نرمال بودن داده ها، برای مقایسه داده های استراحتی در دو گروه از تحلیل واریانس دو طرفه مکرر با عامل بین گروهی استفاده گردید. زمانی که تحلیل واریانس تفاوت معنی داری را نشان داد، به منظور تعیین محل تفاوت با استفاده از آزمون تعقیبی بانفرونی^۷ مقایسه زوج ها انجام

1. Bayer- Tecnicon System
2. Non Protein Nitrogen
3. Nesslerization
4. Stago
5. Bromocresol Green
6. Biuret
7. Bonferroni

شد. همچنین برای آنالیز آماری تغییرات صورت گرفته در هر گروه، از تحلیل واریانس یک طرفه با اندازه گیری های مکرر استفاده گردید. سطح معنی داری آماری نیز $P < 0/05$ در نظر گرفته شد.

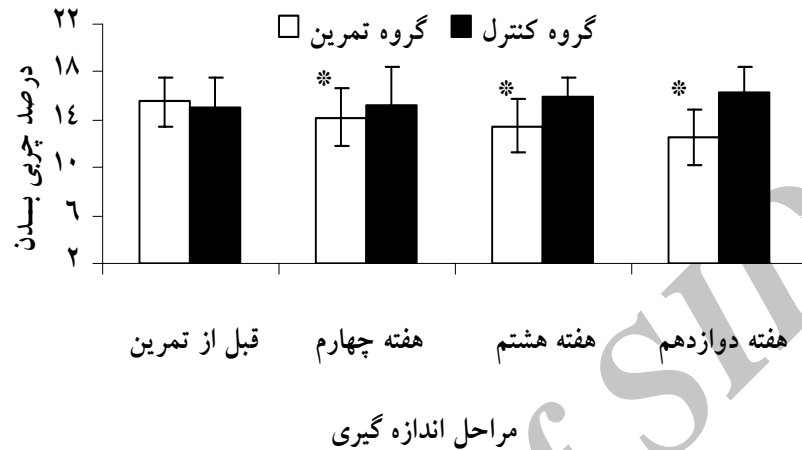
یافته های تحقیق

۱۲ هفته تمرین مقاومتی بر مجموع مقادیر یک تکرار بیشینه یا ۱-RM برای هشت حرکت در گروه تمرین، افزایش معنی داری را نشان داد ($P = 0/0001$ و $F_{3,27} = 272$). این افزایش در هفته چهارم ۱۳ درصد ($P = 0/0001$)، هفته هشتم ۹ درصد ($P = 0/0001$) و بعد از ۱۲ هفته تمرین برابر با ۶ درصد ($P = 0/0001$) بود، که در کل میزان ۱-RM در پایان ۱۲ هفته تمرین نسبت به شروع تمرین، ۳۲ درصد افزایش نشان داد (نمودار شماره ۱). همچنین، در میزان درصد چربی بدن نیز در هر مرحله کاهش معنی داری مشاهده شد. مقادیر اندازه گیری شده برای درصد چربی بدن برای گروه تمرین قبل از تمرین برابر با $15/5 \pm 2/0$ درصد، هفت G چهارم برابر با $14/2 \pm 2/4$ درصد ($P = 0/02$)، هفته هشتم $13/5 \pm 2/3$ درصد ($P = 0/03$) و بعد از ۱۲ هفته تمرین به $12/6 \pm 2/3$ درصد ($P = 0/03$) کاهش یافت (نمودار شماره ۲). شاخص توده بدن نیز در طول دوره تمرین برای گروه تمرین، تغییرات معنی داری را نشان داد ($P = 0/03$ و $F_{3,27} = 3/2$). این تغییرات کاهش معنی دار BMI در هفته هشتم vh نسبت به مرحله قبل از تمرین ($P = 0/04$) نشان دادند. با این حال بعد از تمرین، علی رغم کاهش درصد چربی بدن تغییر معنی داری در BMI مشاهده نشد (نمودار ۳). از طرفی دیگر T تغییرات معنی داری در ۱-RM، درصد چربی بدن و شاخص توده بدنی گروه کنترل مشاهده نشد ($P > 0/05$).



* نشان دهنده تفاوت معنی دار نسبت به مرحله قبل است ($P < 0/05$)

نمودار ۱. میانگین (\pm انحراف معیار) مجموع ۱-RM برای گروه های تمرین و کنترل



* نشان دهنده تفاوت معنی دار نسبت به مرحله قبل است ($P < 0.05$)

نمودار ۲. میانگین (\pm انحراف معیار) درصد چربی بدن برای گروه های تمرین و کنترل



* نشان دهنده تفاوت معنی دار نسبت به مرحله قبل از تمرین است ($P < 0.05$)

نمودار ۳. میانگین (\pm انحراف معیار) BMI

آنالیز آماری داده های ویسکوزیته خون، در گرادیان سرعت های ۱۲، ۳۰ و ۶۰ دور بر دقیقه نشان دادند که زمان، تأثیر معنی داری را بر مقادیر ویسکوزیته خون در گرادیان سرعت های ۱۲ ($F_{۳,۲۷}=۴/۸$ و $P=۰/۰۱$) و ۶۰ دور بر دقیقه ($F_{۳,۲۷}=۵/۵$ و $P=۰/۰۰۵$) دارد (نمودار شماره ۴). نتایج آماری نشان دادند که کاهش معنی دار ویسکوزیته خون در گرادیان سرعت ۱۲ در هفته چهارم ($P=۰/۰۱$) و هفته هشتم ($P=۰/۰۳$) نسبت به قبل از شروع تمرینات وجود دارد. همچنین بعد از تمرین نسبت به هفته چهارم افزایش معنی دار ویسکوزیته خون در گرادیان سرعت ۱۲ مشاهده شد ($P=۰/۰۴$). همچنین کاهش معنی داری در ویسکوزیته خون در گرادیان سرعت ۳۰ در هفته چهارم نسبت به قبل از تمرین ($P=۰/۰۳۵$) و بعد از تمرین ($P=۰/۰۴۵$) مشاهده گردید. از طرفی دیگر، کاهش معنی دار ویسکوزیته خون در گرادیان سرعت ۶۰ نسبت به قبل از تمرین ($P=۰/۰۴۵$) و بعد از تمرین ($P=۰/۰۴$) مشاهده شد. با این حال، در هیچ کدام از سرعت های مدنظر و در هیچ یک از دوره های مختلف اندازه گیری در گروه کنترل تفاوت معنی داری مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$).

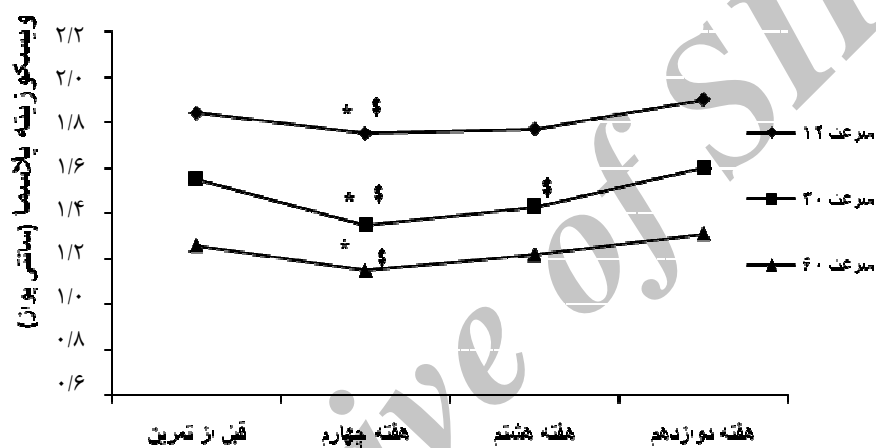


* نشان دهنده تفاوت معنی دار نسبت به قبل از تمرین و \$ نشان دهنده تفاوت معنی دار نسبت به بعد از تمرین است ($P<۰/۰۵$)

نمودار ۴. ویسکوزیته خون در گرادیان های سرعت ۱۲، ۳۰ و ۶۰ دور بر دقیقه برای گروه تمرین

آنالیز آماری داده های ویسکوزیته پلاسما در گرادیان سرعت های ۱۲، ۳۰ و ۶۰ دور بر دقیقه نشان دادند که زمان دارای تأثیر معنی داری بر مقادیر اندازه گیری شده ویسکوزیته پلاسما در گرادیان سرعت های ۱۲ ($F_{۳,۲۷}=۵/۳۳$ و $P=۰/۰۰۷$) و ۶۰ ($F_{۳,۲۷}=۲/۵$ و $P=۰/۰۲۵$) است (نمودار شماره ۵). نتایج آماری نشان داد که در هفته چهارم کاهش معنی دار ویسکوزیته پلاسما در گرادیان سرعت ۱۲

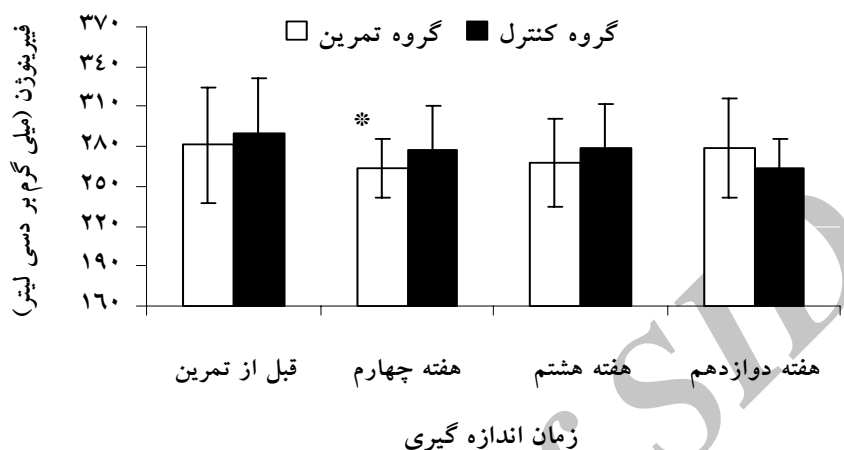
نسبت به قبل از تمرین ($P=0/03$) و بعد از تمرین ($P=0/025$) وجود دارد. همچنین کاهش معنی دار گرادیان سرعت ۳۰ در هفته چهارم نسبت به قبل از تمرین ($P=0/045$) و بعد از تمرین ($P=0/04$) مشاهده شد. همین طور این کاهش در گرادیان سرعت ۶۰ نیز نسبت به قبل از تمرین ($P=0/032$) و بعد از تمرین ($P=0/02$) مشاهده گردید. در هفته هشتم نیز کاهش معنی دار ویسکوزیته خون گرادیان سرعت ۶۰ نسبت به بعد از تمرین مشاهده شد ($P=0/05$). در گروه کنترل در هیچ یک از دوره‌ها تفاوت معنی داری مشاهده نشد ($P<0/05$).



* نشان دهنده تفاوت معنی دار نسبت به قبل از تمرین و \$ نشان دهنده تفاوت معنی دار نسبت به بعد از تمرین است ($P>0/05$)

نمودار ۵. ویسکوزیته پلاسما در گرادیان‌های سرعت ۱۲، ۳۰ و ۶۰ دور بر دقیقه

نتایج به دست آمده از تأثیر زمان بر فیبرینوژن اندازه گیری شده در زمان استراحت برای گروه تمرین تغییر معنی داری را نشان داد ($P=0/04$ و $F_{3,27}=3/2$) که این تغییر با کاهش معنی دار در هفته چهارم نسبت به قبل از تمرین ($P=0/04$) و بعد از تمرین همراه بود ($P=0/03$). نتایج به دست آمده برای گروه کنترل، تفاوت معنی داری را نشان ندادند ($P>0/05$).



* نشان دهنده تفاوت معنی دار نسبت به قبل و بعد از تمرین است ($P < 0.05$)

نمودار ۶. میانگین (\pm انحراف معیار) فیبرینوژن در دوره‌های زمانی مختلف برای دو گروه تمرین و کنترل

همچنین آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که زمان بر مقادیر آلبومین، شمارش گلبول قرمز و هموگلوبین تأثیر معنی داری ندارد ($P > 0.05$). از طرفی دیگر، در گروه تمرین، دوره‌های مختلف اندازه گیری شده بر مقادیر پروتئین تام تأثیر معنی داری داشت ($F_{3,27} = 5/8$ و $P = 0.004$)؛ به طوری که کاهش معنی داری در هفته چهارم ($P = 0.03$) و هفته هشتم ($P = 0.04$) و بعد از تمرین ($P = 0.045$) نسبت به قبل از شروع تمرینات مشاهده شد. با این حال، تفاوت معنی داری در مقادیر پروتئین تام گروه کنترل مشاهده نشد ($P > 0.05$). تأثیر زمان بر مقادیر هماتوکریت در گروه تمرین معنی دار بود ($F_{3,27} = 7/2$ و $P = 0.001$) که این تغییرات با کاهش معنی داری در هفته چهارم نسبت به قبل از تمرین ($P = 0.044$) و افزایش معنی داری پس از ۱۲ هفته تمرین نسبت به هفته چهارم ($P = 0.007$) و هفته هشتم ($P = 0.028$) تمرینات همراه بود. آنالیز آماری داده‌های هماتوکریت برای گروه کنترل تفاوت معنی داری را در دوره‌های زمانی مختلف نشان نداد ($P > 0.05$).

جدول ۲. میانگین (± انحراف معیار) آلبومین، پروتئین تام، هماتوکریت، هموگلوبین و تعداد گلبول قرمز خون

در دو گروه تمرین و کنترل

متغیرها	گروه	قبل از تمرین	هفته چهارم	هفته هشتم	بعد از تمرین
آلبومین (گرم بر دسی لیتر)	تمرین	۴/۵۰±۰/۲۲	۴/۴۵±۰/۳۱	۴/۵۳±۰/۱۶	۴/۳۶±۰/۱۵
	کنترل	۴/۶۶±۰/۲۷	۴/۵±۰/۲۲	۴/۶۶±۰/۲۳	۴/۹۸±۰/۲۵
پروتئین تام (گرم بر دسی لیتر)	تمرین	۷/۱۲±۰/۲۸	۶/۸۰±۰/۲۶ *	۶/۷۰±۰/۲۷ *	۶/۹۰±۰/۳۳ *
	کنترل	۷/۲۳±۰/۳۹	۷/۱۰±۰/۳۲	۷/۲۷±۰/۲۶	۷/۱۵±۰/۳۶
هماتوکریت (درصد)	تمرین	۴۸/۴±۲/۹	۴۶/۳±۲/۵ \$	۴۶/۰±۳/۰ \$	۴۸/۴±۲/۳
	کنترل	۴۹/۶±۱/۷	۴۸/۸±۲/۶	۴۹/۷±۲/۵	۴۹/۴±۲/۶
هموگلوبین (گرم بر دسی لیتر)	تمرین	۱۵/۹±۰/۹	۱۵/۳±۱/۲	۱۵/۶±۰/۷	۱۶/۱±۱/۰
	کنترل	۱۶/۹±۰/۷	۱۶/۶±۰/۸	۱۵/۹±۱/۱	۱۶/۷±۰/۷
گلبول قرمز (میلیون بر متر مکعب)	تمرین	۵/۶۳±۰/۳۰	۵/۳۷±۰/۲۵	۵/۲۶±۰/۲۶	۵/۷۵±۰/۴۸
	کنترل	۵/۵۲±۰/۴۴	۵/۶۹±۰/۲۹	۵/۴۱±۰/۴۹	۵/۶۰±۰/۶۰

بحث و نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان می دهد، مجموع ۱-RM هشت حرکت در طول ۱۲ هفته تمرین مقاومتی، ۳۲ درصد افزایش داشته است. همچنین درصد چربی بدن از ۱۵/۵ درصد به ۱۲/۶ درصد تغییر نشان داد. کاهش وزن بدن همراه با کاهش درصد چربی بدن در هفته های چهارم و هشتم تمرین با شدت های ۵۰ تا ۶۰ درصد ۱-RM حاکی از تأثیر این نوع تمرینات بر سوخت و ساز چربی است که نتایج به دست آمده با یافته های گزارش شده در زمینه تمرینات با وزنه همسو می باشند (۲۱، ۱۴). این تحقیقات گزارش کرده اند علی رغم اینکه تمرینات مقاومتی بیشترین سهم خود را از سیستم بی هوازی بهره می برند، با این حال تغییرات هورمونی از قبیل تستوسترون و هورمون رشد در اثر تمرینات مقاومتی می توانند بر فرایند کاهش درصد چربی بدن و همچنین بر کاهش متغیرهای چربی خون به غیر از HDL تأثیر گذار باشند. از طرفی دیگر، افزایش قابل توجه ۱-RM در چهار هفته اول، احتمالاً بیشتر مدیون فرایند عصب دهی^۱ است (۲۲)، چرا که اولاً گزارشات فراوانی وجود دارند که افزایش قدرت در تمرینات با وزنه را در هشت هفته اول تمرینات بیشتر از طریق عصب دهی عنوان کرده اند (۲۲)، بنابراین احتمال کاهش سهم هایپرتروفی در طول هشت هفته اول تمرین وجود دارد. مضافاً بر اینکه در چهار هفته پایانی تمرین با افزایش یافتن شدت تمرین به ۷۰ درصد ۱-RM و متعاقباً افزایش میزان

1. Innervation

کار انجام شده و کاهش درصد چربی بدن، اما کاهشی در وزن بدن آزمودنی‌ها مشاهده نگردید که این وضعیت احتمالاً می‌تواند حاکی از هایپرتروفی گروه تمرین در هفته‌های پایانی تمرینات باشد.

در تحقیق حاضر، کاهش‌های مشاهده شده در ویسکوزیته پلاسما، فیبرینوژن و پروتئین تام در هفته‌های چهارم و هشتم تمرینات همخوانی نزدیکی را با سازگاری‌های حاصل از تمرینات هوازی نشان می‌دهند (۲۳). اگر چه تمرینات مقاومتی، بیشتر سیستم غیر هوازی را به‌کار می‌گیرند با این وجود، گزارشات فراوانی در دسترس هستند که حاکی از بهبود نه چندان زیاد سیستم هوازی یا میزان اکسیژن مصرفی بیشینه از طریق تمرینات مقاومتی با شدت‌های پایین ۵۰ و ۶۰ درصد می‌باشند (۲۳). بنابراین احتمال بسیاری وجود دارد که افزایش حجم خون در طول هشت هفته اول تمرینات به دلیل ماهیت تمرینات مقاومتی با شدت‌های پایین صورت گرفته باشد. در تحقیق حاضر، کاهش معنی‌دار فیبرینوژن و پروتئین تام، ویسکوزیته پلاسما و ویسکوزیته خون در هفته چهارم و تا حدودی در هفته هشتم، نسبت به قبل و بعد از تمرین حاکی از بهبود وضعیت همورئولوژیکی در تمرینات با وزنه می‌باشد که در شدت‌های پایین ۵۰ تا ۶۰ درصد ۱-RM رخ می‌دهد. لذا یافته‌های حاصل از هشت هفته تمرین مقاومتی با گزارشات موجود در زمینه تأثیر فعالیت ورزشی منظم بر بهبود همورئولوژیکی همسو می‌باشند (۱، ۵، ۶، ۷، ۱۰، ۱۱). نکته قابل توجه این است که گزارشات یادشده در خصوص فعالیت‌های هوازی صورت گرفته‌اند. گزارشاتی نیز در دسترس هستند که کاهش ویسکوزیته پلاسما، فیبرینوژن و ویسکوزیته خون را با کاهش درصد چربی بدن مرتبط دانسته‌اند که یافته‌های تحقیق حاضر با این گزارشات نیز همسو می‌باشد (۱۲، ۲۴) که البته همچنان که قبلاً اشاره شد، تمامی این پژوهش‌ها در زمینه تمرینات هوازی صورت گرفته‌اند.

در ارتباط با احتمال کاهش سنتز فیبرینوژن از سلول‌های کبدی می‌توان به سازگاری‌های حاصل در سیستم عضلانی و اسکلتی نسبت به تمرینات مقاومتی اشاره کرد که احتمالاً فعالیت سایتوکین‌ها از قبیل اینترلوکین-۱ کاهش می‌یابند. پاسخ‌های اینترلوکین-۱ با افزایش سطح آمادگی جسمانی نیز کاهش نشان داده است (۲۵)، بنابراین این احتمال وجود دارد که پس از تمرین با شدت‌های ۵۰ و ۶۰ درصد یک تکرار بیشینه به مدت هشت هفته فعالیت سایتوکین‌ها از قبیل اینترلوکین-۱ کاهش یابد که این کاهش به نوبه خود می‌تواند در کاهش فیبرینوژن حاصل از سنتز کبدی نیز تأثیرگذار باشد. عدم کاهش معنی‌دار آلبومین در مقایسه با فیبرینوژن در پاسخ به فعالیت مقاومتی در هفته‌های چهارم و هشتم فرایندی متفاوت از تغییرات فیبرینوژن را نشان می‌دهد. این تفاوت را احتمالاً می‌توان در ماهیت متفاوت این دو نوع

پروتئین جست‌وجو کرد. تأثیر کمتر آلبومین در مقابل فیبرینوژن بر مقادیر ویسکوزیته پلاسما از یک طرف (۶، ۱)، و ارتباط ۷۵ تا ۸۰ درصد فشار اسموتیک پلاسمای انسان با آلبومین از طرف دیگر و اینکه احتمال تأثیر آلبومین بر افزایش حجم خون وجود دارد (۲۶) سبب شده است که کاهش آلبومین همانند فیبرینوژن صورت نگیرد. همچنین، احتمال آن می‌رود که سنتز آلبومین از سلول‌های کبدی در طول تمرینات با وزنه رخ داده باشد. کاهش پروتئین تام در تمرینات مقاومتی را می‌توان احتمالاً به کاهش تجزیه پروتئین عضلانی، به‌ویژه اکتین و میوزین مرتبط دانست. گزارش شده است که ۴ تا ۲۴ ساعت پس از فعالیت مقاومتی سنگین، میزان سنتز مخلوط پروتئین عضلانی از ۵۰ تا ۱۱۹ درصد افزایش می‌یابد (۲۷)، بنابراین کاهش پروتئین تام متعاقب تمرینات مقاومتی در تحقیق حاضر بر اساس گزارشات فوق تأیید می‌شود. همچنین احتمال افزایش حجم پلاسما همراه با احتمال افزایش توده بدون چربی (هایپرتروفی) در هفته‌های پایانی تمرینات (به دلیل کاهش درصد چربی و ثابت ماندن شاخص توده بدنی) همچنان وجود دارد، که در این صورت می‌توان کاهش پروتئین تام را در این دوره از تمرینات مشاهده کرد (۳۰).

فیبرینوژن، تأثیر رئولوژیکی مهمی را در جریان خون گرادیان سرعت بالا و کم به عهده دارد. در گرادیان سرعت بالا، فیبرینوژن تأثیر خود را روی ویسکوزیته پلاسما خواهد گذاشت، اما در گرادیان سرعتی پایین فیبرینوژن تأثیر خود از طریق تجمع گلبول‌ها اعمال می‌کند. فیبرینوژن، به عنوان بیشترین شتاب‌دهنده فرایند تجمع گلبول قرمز به حساب می‌آید، بنابراین کاهش فیبرینوژن، علاوه بر کاهش ویسکوزیته پلاسما می‌تواند به‌طور مستقیم در کاهش ویسکوزیته خون از طریق کاهش تجمع گلبول‌های قرمز تأثیرگذار باشد. با مراجعه به نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر می‌توان مشاهده کرد که ویسکوزیته خون در سرعت پایین کاهش بیشتری را نسبت به ویسکوزیته خون در سرعت‌های بالا داشته است. دلیل عمده آن می‌تواند تأثیر فیبرینوژن بر تجمع گلبول‌های قرمز خون در سرعت‌های پایین باشد که با نتایج تحقیق کانس^۱ (۲۰۰۷) همخوانی دارد (۲۸). تغییرات ویسکوزیته پلاسما در سرعت‌های مختلف نیز حاکی از تأثیر فیبرینوژن بر مقادیر ویسکوزیته پلاسما می‌باشند. با توجه به اینکه افزایش فیبرینوژن بیشتر در گرادیان سرعت‌های بالا قابل مشاهده است، بنابراین می‌توان کاهش ۴/۸ درصدی ویسکوزیته پلاسما را در گرادیان سرعت ۱۲ در هفته چهارم و همچنین کاهش ۸/۷ درصدی در گرادیان سرعت ۶۰ را به تغییرات فیبرینوژن مرتبط دانست. متعاقب تغییر درصد ویسکوزیته پلاسما در گرادیان سرعت ۱۲ در هفته دوازدهم ۷/۸ درصد و مقایسه آن با

افزایش ۱۲ درصدی در گردایان سرعت ۶۰ را می‌توان تأثیر عمده فیبرینوزن در ویسکوزیته پلاسما مشاهده کرد.

البته بران (۲۰۰۲) مدعی است که افزایش حجم خون حاصل از تمرینات هوازی، مسئول تغییرات رئولوژیکی است، بدین ترتیب تغییرات رئولوژیکی در بدنسازان مشاهده نمی‌شود (۱۰). از طرف دیگر در تحقیق حاضر، با افزایش شدت تمرین در هفته هشتم تمرینات از ۶۰ درصد به ۷۰ درصد احتمال هایپرتروفی عضلات در پایان ۱۲ هفته تمرین وجود دارد که افزایش فیبرینوزن و متعاقب آن افزایش ویسکوزیته پلاسما و همچنین افزایش ویسکوزیته خون در پایان دوره تمرین احتمالاً می‌تواند بیانگر این موضوع باشد که بهبود همورئولوژیکی با هایپرتروفی حاصل از تمرینات مقاومتی مهار می‌شود و حتی احتمال رخ دادن وضعیت‌هایی از قبیل به‌هم‌خوردگی وضعیت همورئولوژیکی نیز متناسب با سطح آمادگی افراد در این دوره وجود دارد. از طرفی دیگر، فیبرینوزن نوعی پروتئین است که در پاسخ به وضعیت‌های التهابی افزایش می‌یابد، بنابراین افزایش شدت تمرین به ۷۰ درصد RM-۱ و در نتیجه افزایش فیبرینوزن در هفته دوازدهم نسبت به هفته‌های چهارم و هشتم می‌تواند حاکی از افزایش پاسخ التهابی بدن در این دوره از تمرینات باشد. احتمال می‌رود در اثر افزایش سایتوکین‌ها از قبیل اینترلوکین-۱ و باقی ماندن اثرات آن بر سنتز فیبرینوزن تا ۷۲ ساعت پس از آخرین جلسه فعالیت مقاومتی، میزان سنتز فیبرینوزن تا چندین روز پس از فعالیت بدنی ادامه داشته باشد (۲۷، ۲۹). این در حالی است که ثابت شده است بین توده بدون چربی بدن و حجم پلاسما رابطه‌ای مستقیم وجود دارد (۳۰). بنابراین در تحقیق حاضر، این فرضیه که در چهار هفته پایانی تمرینات مقاومتی که با توجه به داده‌های حاصل از شاخص توده بدن و درصد چربی بدن احتمال هایپرتروفی عضلانی وجود دارد، احتمال افزایش حجم پلاسما نیز وجود دارد که در این صورت افزایش ۱۰ درصد شدت تمرین سبب افزایش بیشتر پاسخ فیبرینوزن شده است که علی‌رغم افزایش حجم پلاسما همچنان افزایش فیبرینوزن مشاهده می‌شود (۳۰). از طرفی دیگر، افزایش هورمون‌های آنابولیکی در شدت‌های بالای ۶۰ درصد نیز می‌تواند در سنتز فیبرینوزن به عنوان پروتئین پلاسما در کبد و رهایی آن به گردش خون تأثیرگذار باشد، چرا که افزایش فیبرینوزن در بیماران مقاوم به انسولین بیشتر به افزایش هورمون انسولین مرتبط می‌باشد (۳۱)، بنابراین می‌توان افزایش هورمون‌های آنابولیکی تستوسترون و هورمون رشد در شدت بالای تمرینات ۶۰ درصد RM-۱ و در نهایت افزایش سنتز فیبرینوزن را انتظار داشت (۲۰).

کاهش هماتوکریت به عنوان یکی از عوامل موثر در کاهش ویسکوزیته خون به‌شمار می‌رود به‌طوری‌که کاهش ویسکوزیته خون در هفته‌های چهارم و هشتم را می‌توان به کاهش

هماتوکریت مرتبط دانست (۶). از طرفی دیگر، از آنجایی که در تمرینات مقاومتی احتمال کاهش هماتوکریت در اثر همولیز بسیار کم است، بنابراین کاهش هماتوکریت مشاهده شده را می‌توان به افزایش حجم خون مرتبط دانست، چون در هفته‌های چهارم و هشتم تعداد گلبول‌های قرمز خون و هموگلوبین کاهش معنی‌داری را نشان ندادند.

به‌طور کلی، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تمرین مقاومتی با شدت‌های پایین منجر به کاهش ویسکوزیته پلاسما، غلظت فیبرینوژن، هماتوکریت و نهایتاً کاهش ویسکوزیته خون می‌شود و اینکه این تغییرات با افزایش شدت تمرین معکوس می‌شوند. در نتیجه، مطابق با گزارشات پژوهش‌هایی که مفید بودن تمرینات مقاومتی را از لحاظ کاهش عوامل خطرزای قلبی-عروقی گزارش کرده‌اند (۳۲)، تمرین مقاومتی به ویژه با شدت‌های پایین ۵۰ تا ۶۰ درصد ۱-RM می‌تواند منجر به بهبود وضعیت رئولوژیکی خون شود.

منابع:

1. Brun, J.F., Connes, P., Varlet-Marie, E. (2007). Alterations of blood rheology during and after exercise are both consequences and modifiers of body's adaptation to muscular activity. *Science & Sports* 22 251-266.
2. Harkness, J. (1971). The viscosity of human blood plasma; its measurement in health and disease. *Biorheology*. 8: 171-193.
3. Lowe, G.D. (1996). *Blood viscosity in vascular disease [dissertation]*. Dundee: University of Dundee, 1984.
4. El-Sayed MS. (1996). Effects of exercise on blood coagulation, fibrinolysis and platelet aggregation. *Sports Med*; 22:282-98
5. Lowe, G.D. (1987). *Blood rheology in general medicine and surgery*. Ballieres. Clin. Haematol. 1: 827-861.
6. El-Sayed MS. Ali N., El-Sayed ZA. (2005). Haemorheology in exercise and training. *Sports Med*; 35 (8): 649 -670.
7. Brun JF, Micallef JP, et al. (1994). Hemorheologic effects of light prolonged exercise. *Clin Hemorheol Microcirc*; 14:807-18.
8. Letcher, RL, Pickering TG, et al. (1981). Effects of exercise on plasma viscosity in athletes and sedentary normal subjects. *Clin Cardiol*; 4:172-9.
9. Ernst, E.A., Matrai, and E. Aschenbrenner. (1985). Blood rheology in athletes. *J. Sports Med. Phys. Fitness*. 25: 207-210.

10. Brun, J.F. (2002). Exercise hemorheology as a three acts play with metabolic actors: is it of clinical relevance? *Clin Hemorheol Microcirc*; 26:155-74
11. Galea, G., Davidson, R.J. (1985). Hemorheology of marathon running. *Int J Sports Med*;6:136-8
12. Bouix, D., Peyreige, C, et al. (1998). Relationships among body composition, hemorheology and exercise performance in rugby men. *Clin Hemorheol Microcirc*; 19:245-54.
13. Stone, M.H. (1990). Muscle conditioning and muscle injuries. *Med Sci Sports Exerc*; 22: 457-62.
14. Williams, M.H. (2002). *Nutrition for health, Fitness and sport*. MC crow Hill.: Sixth Edition.: P:466-467.
15. Zafeiridis, A., Smilios, I., Considine, R.V., Tokmakids, S.P. (2003). Serum leptin responses after acute resistance exercise protocols. *J Appl Physiol*; 94:594-597.
16. Ahmadizad, S. and El-Sayed M.S. (2005). The acute effects of resistance exercise on the main determinants of blood rheology. *Journal of Sports Sciences*; 23 (3): 243-249.
17. Ahmadizad, S., El-Sayed, M.S., and MacLaren, D.P.M. (2007). Effects of water intake on the responses of haemorheological variables to resistance exercise. *Clinical Haemorheology and Microcirculation*; 35(1-2): 317-327.
18. Westcott WL, Winett RA, Andersoon ES, Wojcik JR, Loud RI, Cleggll E, Glover S. (2001). Effects of regular and slow-speed resistance training on muscle strength. *J sports med Phys Fitness*; 41:154-158.
19. Bllor DL, Keesey RE. (1991). A meta-analysis of the factors affecting exercise-induced changes in body mass, fat mass and fat free mass in males and females. *Int J Obes*: 717-726.
20. Gary, E., McCall, William C, Byrnes, Steven J. Fleck, Arthur Dickinson, ans William J. Kraemer. (1999). Acute and chronic hormonal responses to resistance training designed to promote muscle hypertrophy. *Can, J. Appl. Physiol*, 24(1): 96-107.
21. William J.Banz, Margaret A.Maher, Warren G. Thompson, Daviv R.Bassett, Wayne Moore Muhammad asher, Waren J.Keefer and Michael B.Zeme. (2003). Effects of resistance versus aerobic training on coronary artery disease risk factors. *Society for experimental Biology and medicine*, 434- 40.
22. Moritani T, dervies HA. (1979). Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys med*, 58(3): 115-30.
23. P. V. Komi, Steven J. Flek. (1992). *Strength and Power in Sport (Cardiovascular Response to Strength Training)*. Blackwell Scientific Publications, p:305.

24. Jung, F., Pindur, G., and Kieseewetter, H. (1992) Plasma viscosity dependence on proteins and lipoproteins: Results of Aachen study. *Clinical Hemorheology*, 12, 557-571.
25. MacKinnon, L. T., & Tomasi, T.B. (1988). Immunology of exercise. In O. Appenzeller (Ed), *Sports medicine: Fitness, training, injuries* (3rd ed.) (pp. 273-289). Baltimore, MD: Urban and Schwarzenberg
۲۶. روبرت ک. مورای، داریل ک. گرانت، پیتر آ. مایز و ویکتور و. رودول (۱۳۸۲). «بیوشیمی هارپر». جلد دوم، ترجمه حمیدرضا کریمزاده، علی رقتاری و مریم نورمحمدیان، انتشارات شهرآب، جلد دوم، ص: ۸۷۲.
27. Chesley, A. J.D. MacDougall, M.A. Tamopolosky, S.A. Atkinson, and K.Smith. (1992). Changes in human muscle protein synthesis after resistance exercise. *J. Appl. Physiol*, 73:1383-88.
28. Connes P, Caillaud C, et al. (2007). Maximal exercise and lactate do not change red blood cell aggregation in well-trained athletes. *Clin Hemorheol Microcirc*, 36; 319-326.
29. Duocan Rb, Schmidt MI, Chambless LE, Folsom AR, Carpenter M, Heiss G. (1999). Fibrinogen, other putative markers of inflammation, and weight gain in middle-aged adults: the ARTC study. *Atherosclerosis Other Lipid Mediat*, 57: 87-98.
30. Raes A, Van Aken S, Craen M, Donckerwolcke R, Vande Walle J.1: *BMC Pediatr*. 2006 Feb 17; 6:3.A reference frame for blood volume in children and adolescents.
31. Aloulou I, Varlet-Marie E., Mercier J., Brun JF. (2006). Hemorheological aspects of the metabolic syndrome are a combination of separate effects of insulin resistance, hyperinsulinemia and adiposity. *Clinical Hemorheology and Microcirculation*, 35:113-119.
32. Smutok MA., Recce C., Kokkinos PF., Farmer C., Goldberg AP. (1993). Aerobic versus strength training for risk factor intervention in middle-aged men at high risk for coronary heart disease. *Metabolism*, 42:177-184.