

بررسی اثر شش هفته تمرین مقاومتی با مدت زمان متفاوت قرار گرفتن عضله تحت تنش بر VEGF و اندوستاتین سرم زنان جوان سالم

راضیه شیرى^۱، حجت‌اله نیک‌بخت^۲، ماندانا غلامی^{۳*}، خسرو ابراهیم^۴

۱. دانشجوی دکتری، فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲. دانشیار، فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳. استادیار، فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۴. استاد، فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

شماره صفحات: ۶۹ تا ۷۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۶/۱۶

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۳/۲۱

چکیده

مدت زمان قرارگرفتن عضله تحت تنش از متغیرهای تمرینات قدرتی است که در سازگاری‌های ناشی از آن نقش دارد. مطالعه حاضر، با هدف بررسی اثر شش هفته تمرین مقاومتی با مدت زمان تحت تنش متفاوت عضله بر مقادیر VEGF و اندوستاتین سرم زنان جوان سالم انجام شد. ۲۰ نفر از دانشجویان دختر (۲۲/۲±۶۵/۰۳ سال) در این مطالعه مشارکت کردند. آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی و مساوی در دو گروه با مدت زمان تحت تنش یک ثانیه-یک ثانیه (Normal Speed Contraction) و سه ثانیه-سه ثانیه (Slow Speed Contraction) قرار گرفتند. بار تمرینی در هر دو گروه یکسان بود و تمرین مقاومتی به‌صورت دایره‌ای در هشت ایستگاه، به‌مدت شش هفته و سه روز در هفته انجام شد. جهت بررسی متغیرهای پژوهش قبل از دوره تمرینی و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین، از آزمودنی‌ها نمونه خون گرفته شد. داده‌ها با آزمون آماری تحلیل کوواریانس در سطح معنی‌داری $P \leq 0.05$ ارزیابی شدند. بین مقادیر سرمی VEGF و اندوستاتین دو گروه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P \geq 0.05$). در آزمون قدرت پا، گروه SSC افزایش قدرت بیشتری را گزارش کردند. اگرچه در شاخص‌های مربوط به رگ‌زایی تغییری در دو گروه در مدت شش هفته مشاهده نشد و به‌احتمال زیاد برای تغییر این شاخص به تمرین بیشتری نیاز است، اما تمرین با زمان تحت تنش بیشتر (سه ثانیه-سه ثانیه)، ممکن است افزایش قدرت بیشتری را در شش هفته به‌دنبال داشته باشد.

کلیدواژه‌ها: رگ‌زایی، تمرین مقاومتی، سرعت انقباض، زنان.

The effect of six weeks of resistance training with the Varying Time under Tension of muscle on vascular endothelial growth factor and endostatin serum levels in healthy young women

Shiri, R¹., Nikbakht, H²., Gholami, M³., Ebrahim, Kh⁴.

1. Ph.D Student of Department Sports Physiology, Faculty of Humanities, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Associate Professor of Department Sports Physiology, Faculty of Humanities, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3. Assistant Professor of Department Sports Physiology, Faculty of Humanities, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
4. Professor of Department Sports Physiology, Faculty of Humanities, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract

Time under Tension of muscle is one of the variables of strength training that contributes to its adaptation. The present study was conducted the effects of six weeks of resistance training with the varying Time under Tension of muscle on VEGF and endostatin serum levels in healthy young women. This study was conducted on 20 female students (22.65±2.03years) Subjects were randomly and equally assigned to two groups with a Time under Tension of 1s- 1s(Normal Speed Contraction) and 3s- 3s (slow Speed Contraction). The exercise load was the same in both groups and resistance training was done in a circular manner for six weeks, three days a week in eight stations. Blood samples were taken from the subjects to study research variables before the training period and 48h after the last session of the training. Data were analyzed by covariance analysis at a significant level of $P \leq 0.05$. There was no significant difference between the serum levels of VEGF and endostatin in both groups ($P \geq 0.05$). In the strength test, the SSC group experienced increase power further. However, there was no difference between the two groups in indicators related to angiogenesis for six weeks and most probably, for this indicator needed more training time, but practice with more Time under Tension (3s- 3s) can lead to increase power further.

Keywords: Angiogenesis, Resistance Training, Contraction Speed, Women.

*. gholami_man@yahoo.com

مقدمه

تمرین مقاومتی، محرکی بالقوه است که به هایپرتروفی عضله می‌انجامد. با افزایش حجم عضله خون‌رسانی افزایش می‌یابد (۱). تمرینات دایره‌ای نوعی از تمرینات قدرتی است که تمام قسمت‌های بدن را به‌طور مجزا درگیر می‌کند و قدرت عضلانی و سازگاری‌های عصبی-عضلانی را بهبود می‌بخشد (۲). حجم تمرین یکی از مهم‌ترین متغیرهای مطرح در تمرینات مقاومتی محسوب می‌شود و معمولاً از حاصل ضرب میزان بار اعمال‌شده در تعداد تکرارها در هر نوبت، به‌دست می‌آید و بار حجمی نامیده می‌شود (۳). از سوی دیگر، حجم تمرین ممکن است به کل زمانی اطلاق شود که یک عضله در یک جلسه تمرینی تحت تنش قرار دارد (کل زمان درگیری عضلات در اعمال درون‌گرا، برون‌گرا و ایزومتریک بین حرکت) که این زمان را زمان تحت تنش (TUT)^۱ می‌نامند (۳). هرچه زمان تحت تنش بیشتر باشد، احتمالاً به کم‌خونی و تغییرات سوخت‌وسازی می‌انجامد و پاسخ‌های هورمونی افزایش می‌یابد (۴). افزایش زمان تحت تنش عضلانی، به‌صورت مستقیم، شدت تمرین را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ به‌عبارتی، در تمریناتی که با روش آهسته اجرا می‌شوند و عضله زمان بیشتری تحت تنش است، جهت اجرای تکرارهای مشابه، شدت تمرین باید کاهش یابد تا تعداد تکرارها در یک دامنه ثابت حفظ شود (۵). از طرفی، یکی از سازگاری‌هایی که در اثر تمرینات ورزشی منظم اتفاق می‌افتد، توسعه بستر مویرگی در سطح عضلات است (۶). تمرینات مقاومتی نیز، به‌دلیل ایجاد تنش عضلانی، هایپوکسی موضعی و نیز افزایش هورمون‌های استرسی، احتمالاً بر آنژیوژنز اثر می‌گذارد (۷) و در صورتی که به افزایش چگالی مویرگی منجر شود، از طریق افزایش سطح انتشار، افزایش زمان تبادل بین خون و بافت، کاهش مسافت انتشار اکسیژن، افزایش اختلاف اکسیژن خون سرخرگی-سیاهرگی و افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2max})، به‌تعویق افتادن خستگی و تداوم اجرای ورزشی با شدت بالاتر را میسر می‌کند (۸). در سال ۱۹۳۴، افزایش مویرگ عضله (آنژیوژنز) در پاسخ به فعالیت ورزشی گزارش شد (۹). عوامل مختلفی، از جمله نیروهای همودینامیکی، هایپوکسی، انقباض عضلانی و انواع کشش‌ها و... باعث عروقی شدن عضله اسکلتی در هنگام فعالیت ورزشی می‌شوند. فاکتورهای رشدی زیادی در فرآیند آنژیوژنز درگیرند، اما اکثر تحقیقات فاکتور رشد اندوتلیال رگی (VEGF)^۲ که یک پروتئین همودیمر باندشونده به هپارین با وزن مولکولی ۴۵ کیلو دالتون است (۱۰) مهم‌ترین فاکتور رشدی درگیر در این فرآیند ذکر کرده‌اند (۱۱). گزارش شده است که VEGF سبب ایجاد و شکل‌گیری روزنه‌هایی در آندوتلیوم مویرگ‌ها و افزایش نشت‌پذیری عروقی می‌شود و از این طریق، مدت‌زمان حضور خون در مویرگ‌ها و تبادل گازهای تنفسی را افزایش می‌دهد (۱۲). در مقابل، اندوستاتین، پپتیدی با وزن ۲۰ کیلو دالتون، با منشأ کلاژن نوع ۱۸ از مهم‌ترین عوامل آنژیواستاتیکی است که با اتصال به VEGF، مانع عملکرد آن می‌شود و با کاهش تکثیر و افزایش آپوپتوز سلول‌های اندوتلیال و فعال‌سازی عوامل آنژیواستاتیک دیگر، فرآیند آنژیوژنز را کاهش می‌دهد (۱۳). در بررسی تحقیقات انجام‌شده در حیطه تمرینات مقاومتی و رگ‌زایی، نتایج متناقضی دیده می‌شود؛ به‌طوری‌که مهری‌الوار و همکاران (۱۳۹۵)

1. Time Under Tension

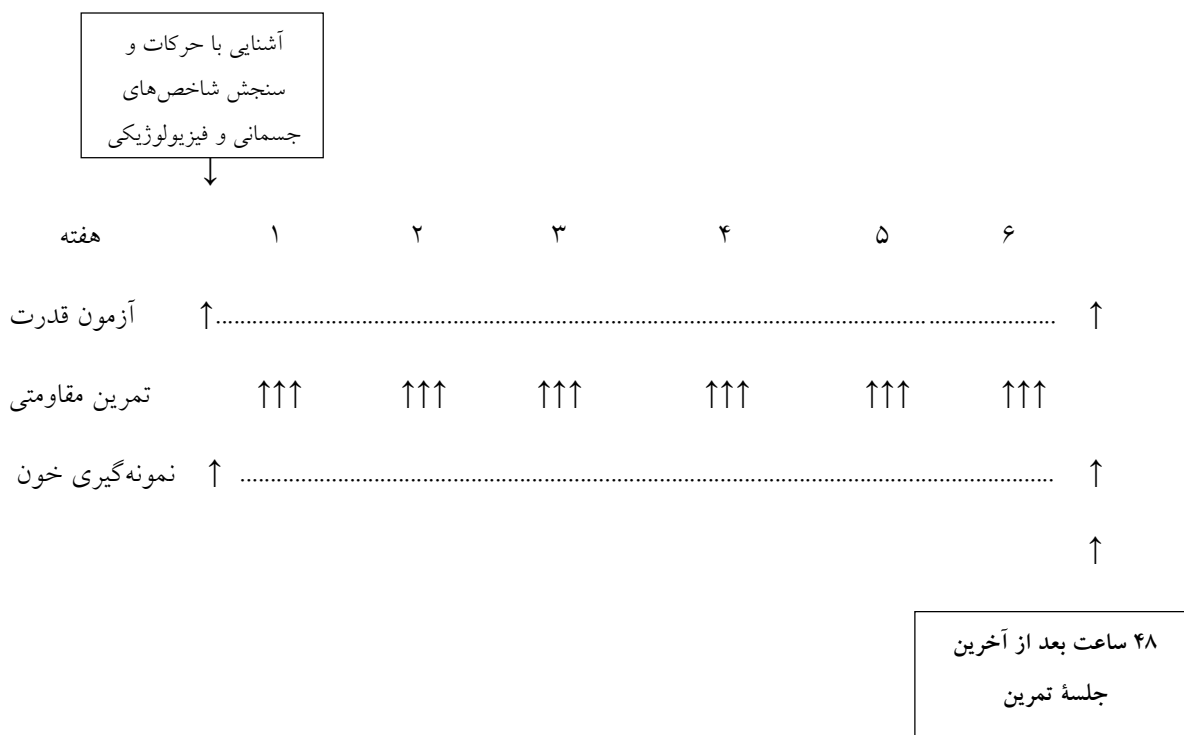
2. Vascular Endothelial Growth Factor

تأثیر پنج هفته تمرین مقاومتی را بر برخی عوامل رشد عروقی در مردان غیرفعال بررسی کردند و در نهایت نتیجه گرفتند، که این برنامه تمرینی مقادیر VEGF و هورمون رشد را به طور معنی داری افزایش می دهد (۸). در جایی دیگر، کرمی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند که چهار هفته تمرین مقاومتی فزاینده در مردان غیرفعال بر مقادیر VEGF و NO^۱ تأثیر معنی داری دارد، ولی تأثیر معنی داری بر مقادیر اندوستاتین نمی گذارد (۱۴). به طور کلی، مطالعات نشان داده اند که آنژیوژنز ناشی از فعالیت ورزشی به مدت و شدت فعالیت وابسته است (۱۵)، اما هنوز نقش مدت زمان تحت تنش، در فعالیت ورزشی، در توسعه این فرآیند معلوم نیست. حال، با توجه به اینکه مطالعات چندانی در زمینه مدت زمان قرار گرفتن عضله تحت تنش صورت نگرفته است، بررسی تغییرات فاکتورهای رگزایی در تمرینات قدرتی با مدت زمان قرار گرفتن تحت تنش متفاوت (ضمن حفظ بار تمرین) ضروری به نظر می رسد. هدف این است که دریابیم آیا با کاهش میزان مقاومت و تعداد تکرار و از طرفی افزایش مدت زمان تنش، نتایج متفاوتی در فاکتورهای رگزایی مشاهده می شود یا خیر. محقق بر آن است تا با توجه به اهمیت موضوع رگزایی و مدت زمان قرار گرفتن عضله تحت تنش، اثر شش هفته تمرین مقاومتی را با مدت زمان متفاوت تنش عضله بر تغییرات VEGF و اندوستاتین سرم زنان جوان سالم بررسی کند.

روش شناسی

روش تحقیق حاضر، کارآزمایی و از نوع پیش آزمون-پس آزمون است. برای این منظور، ۲۰ نفر از دانشجویان غیرفعال دختر ساکن خوابگاه دانشگاه خوارزمی کرج داوطلب شدند تا در این پژوهش شرکت کنند. گفتنی است که آزمودنی ها در طی شش ماه گذشته هیچ گونه دارو و مکمل غذایی مؤثری مصرف نکرده بودند و نیز دوازده ساعت قبل از پروتکل تمرینی، از مصرف کافئین خودداری کرده بودند. در ابتدا، اهداف و روش اجرای تحقیق به طور کامل برای آزمودنی ها توضیح داده شد. سپس، رضایت نامه آگاهانه و پرسش نامه سلامتی را تکمیل کردند. کلیه روند تحقیق به تأیید کمیته اخلاق در پژوهش های تربیت بدنی و علوم ورزشی پژوهشکده علوم ورزشی با کد IR.SSRC.REC.1397.003 رسیده است. در ادامه، قبل از شروع تمرینات مقاومتی، همه آزمودنی ها به آزمایشگاه دعوت شدند تا ضمن آشنایی با حرکات و آموزش های لازم، برخی از شاخص های جسمانی و فیزیولوژیکی به این شرح ثبت شود: سن، قد، وزن، درصد چربی (با استفاده از کالیپر و از روش برآورد سه نقطه ای (سه سر بازویی، شکم و فوق خاصره) پولاک - جکسون) شاخص توده بدنی (با استفاده از فرمول وزن تقسیم بر مجذور قد برحسب متر) و اندازه گیری حداکثر قدرت (1RM)^۲ از فرمول برزیکی^۳ (۱۶) ((تکرار × ۰/۲۷۸ - ۱/۰۲۷۸) / وزن جابه جا شده به کیلوگرم = یک تکرار بیشینه) برای هریک از شش حرکت مورد استفاده در تحقیق به منظور تعدیل شدت برنامه تمرینی مقاومتی. آزمودنی ها با توجه به ویژگی های آنروپومتریکی هم گن شدند و به صورت تصادفی در دو گروه مساوی جای داده شدند. گروه اول هریک از

حرکات قدرتی را با مدت زمان تحت تنش یک ثانیه – یک ثانیه (¹NSC) در هر انقباض، اجرا کردند و گروه دوم با مدت زمان تحت تنش سه ثانیه – سه ثانیه (²SSC) حرکات را انجام دادند. بار تمرینی در هر دو گروه یکسان بود و قبل و بعد از شش هفته تمرین مقاومتی، از آزمودنی‌های هر دو گروه آزمون قدرت پا گرفته شد. پیش از اجرای هر آزمون جسمانی و خونی، آزمودنی‌ها دو ساعت از خوردن امتناع کردند و دوازده ساعت نیز از خوردن کافئین خودداری کردند (۸). به منظور سنجش نمونه‌های خونی، از سیاهرگ بازویی دست غیربرتر آزمودنی‌ها در دو مرحله پیش و پس از اجرای پروتکل شش هفته‌ای نمونه خون گرفته شد. برای حذف آثار موقت تمرین نیز نمونه‌گیری خونی ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین صورت گرفت (۸).



سرم نمونه‌های اخذشده به روش سانتریفیوژ (۱۰۰۰۰ دور در دقیقه و به مدت چهار دقیقه) جدا شد و تا زمان اندازه‌گیری در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به VEGF و اندوستاتین، از کیت‌های الیزا ساخت IBL کشور آلمان استفاده شد. پروتکل تمرین مقاومتی به صورت دایره‌ای و شامل حرکات اسکات، پرس سینه، پرس پا، جلو بازو با دمبل، جلو ران، حرکت پارویی، پشت پا و پشت بازو بود. برای اینکه بار تمرینی در دو گروه یکسان باشد، از این فرمول جهت یکسان‌سازی بار تمرینی دو گروه استفاده شد (۱۷):

1. Normal Speed Contraction

2. Slow Speed Contraction

حجم × شدت = بار تمرین

(زمان تحت تنش عضله × تعداد تکرار) × شدت = بار تمرین

بعد از گرم کردن عمومی (پنج دقیقه دوی نرم با سرعت آهسته و بدون شیب روی تردمیل) و گرم کردن اختصاصی (اجرای حرکات پروتکل بدون وزنه)، پروتکل تمرین مقاومتی در گروه اول با ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه و هشت تکرار با مدت زمان تحت تنش (سه ثانیه فلکشن و سه ثانیه اکستنشن) در هر تکرار، با استراحت‌های یک دقیقه‌ای بین دوره‌ها، و در گروه دوم با ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه و ۱۵ تکرار با مدت زمان تحت تنش (یک ثانیه فلکشن و یک ثانیه اکستنشن) در هر تکرار، با استراحت‌های یک دقیقه‌ای بین دوره‌ها انجام گرفت. استراحت بین ایستگاه‌ها ۳۰ ثانیه در نظر گرفته شد و جهت رعایت اصل اضافه‌بار، پروتکل تمرینی در دوهفته اول، در دو نوبت، دوهفته دوم در سه نوبت و دوهفته سوم در چهار نوبت اجرا شد. از طرفی، به همین منظور و نیز پیشرفت تدریجی، در هفته چهارم، مجدداً 1RM هریک از حرکات مورد نظر اندازه‌گیری شد و آزمودنی‌ها در هفته‌های بعدی با درصدهای یک تکرار بیشینه جدید به تمرین پرداختند. مکان انجام تمرینات سالن بدن‌سازی دانشگاه خوارزمی کرج بود. جهت بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرووویلک و از آزمون لوین به منظور بررسی هم‌گنی واریانس‌ها استفاده شد. همچنین، جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل کوواریانس و آزمون تی زوجی و مستقل در سطح معنی‌داری کمتر یا مساوی ۰/۰۵ استفاده شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 انجام شد.

یافته‌ها

مشخصات توصیفی آزمودنی‌ها به صورت میانگین و انحراف استاندارد در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد و نتایج آماری شاخص‌های ترکیب‌سنجی

BMI (kg/m ²)	درصد چربی (درصد)	وزن بدون چربی (کیلوگرم)	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتی‌متر)	سن (سال)		
۲۰/۱±۴/۴	۲۲/۲±۲/۰۷	۴۱/۱±۶۸/۸	۵۴/۵±۵/۷	۱۶۳/۳±۳/۰۹	۲۱±۱/۶	پیش‌آزمون	(یک ثانیه-یک ثانیه)
*۲۰/۱±۱۵/۲	*۲۱/۱±۸/۸	*۴۱/۱±۳/۵	۵۴/۵±۰/۰۵			پس‌آزمون	
۲۲/۳±۰/۱	۲۴/۲±۰۶/۲	۴۲/۳±۱۶/۶	۵۶/۸±۵/۲	۱۶۰/۳±۳/۰۵	۲۲/۳±۲/۳	پیش‌آزمون	(سه ثانیه-سه ثانیه)
*۲۱/۲±۵/۷	*۲۲/۱±۹/۶	*۴۱/۳±۷/۵	*۵۵/۷±۲/۱			پس‌آزمون	

*اختلاف معنی‌دار با مقادیر پیش‌آزمون

نتایج آزمون شاپیرووویلک جهت بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها برای فاکتورهای VEGF ($P=0/76$) و اندوستاتین ($P=0/56$) و نیز آزمون لون، جهت بررسی هم‌گنی واریانس‌ها برای فاکتورهای VEGF ($P=0/79$) و اندوستاتین ($P=0/17$)، نشان داد که توزیع داده‌ها طبیعی بوده است. نتایج آزمون تی مستقل در پیش‌آزمون برخی از شاخص‌های جسمانی و فیزیولوژیکی از جمله سن ($P=0/15$)، قد ($P=0/11$)، وزن ($P=0/53$)، وزن

بدون چربی ($P=0/71$)، درصد چربی ($P=0/08$) و BMI ($P=0/16$) جهت بررسی هم‌گنی آزمودنی‌ها نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری در مقادیر جدول ۱ در ابتدای پژوهش بین آزمودنی‌ها وجود نداشت و گروه‌ها با یکدیگر هم‌گن بودند. تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به ترکیب بدن، نشان داد که این شش هفته تمرین مقاومتی در هر دو گروه باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار آماری در فاکتورهای وزن بدون چربی، درصد چربی و BMI شده است ($P \leq 0/05$) و تنها در گروه NSC، بین وزن قبل از تمرین و بعد از تمرین تفاوت آماری معنی‌دار نبود ($P=0/09$). علاوه بر این، نتایج تحلیل آماری (آزمون کوواریانس جهت بررسی تغییرات بین‌گروهی و آزمون تی زوجی جهت بررسی تغییرات درون‌گروهی)، در جدول ۲ نشان می‌دهد که در بررسی‌های بین‌گروهی، به دنبال شش هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای، در دو گروه NSC و SSC، مقادیر سرمی VEGF ($P=0/36$) و اندوستاتین ($P=0/37$) تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که قدرت در گروه SSC افزایش بیشتری نشان داد. نتایج آزمون تی هم‌بسته نیز افزایش معنی‌دار قدرت از پیش‌آزمون به پس‌آزمون در هر دو گروه را نشان داد ($P \leq 0/05$).

جدول ۲. نتایج تغییرات قدرت و شاخص‌های رگ‌زایی

متغیر	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	درصد تغییرات	P درون‌گروهی	P بین‌گروهی
VEGF (نانوگرم بر میلی‌لیتر)	(یک ثانیه-یک ثانیه)	۹۲/۱۸±۶/۸	۸۰/۱۲±۰/۱۹	-۱۱/۱۷±۴/۹	۰/۰۸	۰/۳۷
	(سه ثانیه-سه ثانیه)	۷۵/۱۱±۲/۴	۶۵/۱۲±۶/۲	-۸/۱۹±۱/۵	۰/۲۲	
اندوستاتین (نانوگرم بر میلی‌لیتر)	(یک ثانیه-یک ثانیه)	۱۱۷/۲۹±۶/۹	۱۰۶/۴۲±۱/۷	-۹/۲۵±۲/۴	۰/۴۲	۰/۶۳
	(سه ثانیه-سه ثانیه)	۱۰۸/۴۲±۵/۵	۸۵/۸±۹/۸۳	-۱۰/۳۱±۸/۹	۰/۱۷	
قدرت پا (کیلوگرم)	(یک ثانیه-یک ثانیه)	۸۶/۱۱±۲/۷	۸۹/۱۰±۶/۸	۴/۱±۱/۹	*۰/۰۰۱	۰/۰۲
	(سه ثانیه-سه ثانیه)	۸۸/۶±۴/۰	۹۳/۶±۲/۶۶	۵/۰±۴/۷	*۰/۰۰۱	

اعداد به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار بیان شده است ($X \pm SD$)

*اختلاف معنی‌دار از مقادیر پیش‌آزمون ($P \leq 0/05$)

در مقابل، مقادیر VEGF در هر دو گروه NSC ($P=0/08$) و SSC ($P=0/22$) کاهش غیرمعنی‌دار داشت. مقادیر اندوستاتین نیز در هر دو گروه NSC ($P=0/42$) و SSC ($P=0/17$) کاهش غیرمعنی‌داری نشان داد.

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که به دنبال شش هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای، مقادیر مربوط به ترکیب بدن (از جمله وزن، درصد چربی و BMI) نسبت به مقادیر قبل از تمرین، در گروه NSC به ترتیب ۰/۹، ۱/۸ و ۱/۲ درصد و در گروه SSC به ترتیب ۲/۳، ۴/۸ و ۲/۲ درصد کاهش یافته است که از نظر آماری نیز معنی‌دار است ($P \leq 0/05$). در مقایسه مقادیر مربوط به قدرت پا نیز، که به منزله آزمون عملکردی هدف ارزیابی قرار گرفت،

مشاهده شد که به دنبال شش هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای، در گروه NSC، قدرت پا ۴/۱ درصد، و در گروه SSC ۵/۴ درصد افزایش مشخص می‌کند که نشان می‌دهد در گروه دوم، که مدت زمان قرار گرفتن عضله تحت تنش در هر تکرار بیشتر است، میزان افزایش قدرت پا نیز بیشتر است. همچنین، این افزایش در گروه SSC اختلاف آماری معنی‌داری با گروه دیگر داشت ($P \leq 0.05$). در مقابل، مقادیر VEGF در گروه NSC، ۱۱/۴ درصد و در گروه SSC، ۸/۱ درصد کاهش یافت. مقادیر اندوستاتین نیز در گروه NSC، ۹/۲ درصد، و در گروه SSC، ۱۰/۸ درصد کاهش نشان داد. نتایج مربوط به مقادیر سرمی VEGF ($P = 0.37$) و اندوستاتین ($P = 0.63$) نیز نشان داد که بین دو گروه مذکور از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود ندارد؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که این دو نوع برنامه تمرین مقاومتی، که با حفظ بار تمرینی، حجم (تعداد × مدت زمان تحت تنش عضله) و شدت (1RM%) متفاوتی داشتند، نتایج یکسانی در مورد فاکتورهای ارزیابی شده، ارائه می‌دهند.

درباره تمرینات مقاومتی، این اعتقاد وجود دارد که افزایش تدریجی بار و افزایش تعداد تکرارها در نوبت‌های با بار کمتر، افزایش زمان قرار گرفتن عضله تحت تنش را به همراه دارد و با ایجاد خستگی می‌تواند اثربخشی تمرین را افزایش دهد؛ به همین دلیل، پژوهشگران با روش‌های متفاوتی تلاش کرده‌اند تا خستگی محیطی و کم‌خونی ایجاد کنند؛ برای مثال، برخی پژوهشگران از شریان‌بند استفاده کرده‌اند (۱۸) و برخی دیگر نیز تمرین با زمان‌های انقباض طولانی‌تر را پیشنهاد داده‌اند (۵). در پژوهش حاضر، میزان افزایش قدرت پا، به منزله یک آزمون عملکردی، در گروهی که عضله در هر تکرار مدت زمان بیشتری تنش قرار داشت، بیشتر بود. بنا به تحقیقات پیشین، هرچه زمان تحت تنش بیشتر باشد، احتمالاً کم‌خونی و تغییرات سوخت‌وسازی بیشتر می‌شود و پاسخ‌های هورمونی افزایش می‌یابد (۴). این حالت ممکن است به افزایش به‌کارگیری واحدهای حرکتی تند انقباض منجر شود که پس از واحدهای کند انقباض فراخوانی می‌شوند (۱۸). علاوه بر این، تغییرات مدت زمان تنش و بار حجمی، ویژگی‌های تارهای قابل انقباض عضله را به صورت معناداری تحت تأثیر قرار می‌دهد که این مطلب بر اختلاف تولید نیرو در محل اتصال عصبی عضلانی بازتاب دارد. وسکات و همکاران (۲۰۰۱) نیز در بررسی اثر بلندمدت زمان‌های تحت تنش مختلف گزارش کردند افرادی که از برنامه‌های آهسته تمرینات مقاومتی استفاده کرده‌اند، بهبود معناداری (۵۰ درصدی) در قدرت نسبت به افرادی نشان می‌دهند که با روش منظم تمرین کرده‌اند (۱۹). این درحالی است که کلیور و همکاران (۲۰۰۱) از طرح مشابه پیش‌گفته استفاده و مشاهده کردند که قدرت در گروه تمرین منظم (۳۹ درصد) نسبت به گروه تمرین آهسته (۱۵ درصد) بهبود یافته است (۲۰).

علاوه بر این، مطالعه حاضر نشان داد که شش هفته تمرین مقاومتی با مدت زمان تحت تنش (یک ثانیه - یک ثانیه) و شدت ۸۰ 1RM درصد و همچنین، مدت زمان تحت تنش (سه ثانیه - سه ثانیه) با شدت ۵۰ 1RM درصد باعث کاهش غیرمعنی‌داری در مقادیر سرمی VEGF شده است. به‌طور کلی، فعالیت بدنی فاکتور رشد اندوتلیال رگی سرم تأثیرهای متفاوتی دارد؛ چنانچه برخی مطالعات نشان دادند فعالیت بدنی میزان VEGF

سرم را کاهش می دهد (۲۱، ۲۲). بهجتی و همکاران (۱۳۹۴) نیز نشان دادند که به دنبال هشت هفته تمرین مقاومتی با شدت ۴۰-۶۵ درصد، یک تکرار بیشینه، مقادیر VEGF به طور معنی داری کاهش می یابد. شاید بتوان از علل همسببودن نتایج این تحقیق با پژوهش حاضر، به نوع آزمودنی ها (هر دو پژوهش خانم بودند)، نوع تمرین (تمرین مقاومتی از نوع دایره ای در ۸-۱۰ ایستگاه ترکیبی بالاتنه و پایین تنه)، تعداد آزمودنی ها و مدت زمان تمرین تقریباً مشابه اشاره کرد (۲۳). در مقابل، برخی مطالعات نشان دادند فعالیت بدنی، میزان VEGF سرم را افزایش می دهد: مهری الوار و همکاران (۱۳۹۵) نشان دادند که پنج هفته تمرین مقاومتی با شدت ۶۰-۷۰ درصد و یک تکرار بیشینه، مقادیر VEGF را به طور معنی داری افزایش می دهد (۸). در پژوهشی دیگر، گاوین و همکاران (۲۰۰۷) با اجرای یک وهله پروتکل مقاومتی بازکردن زانو روی آزمودنی های مرد و زن سالم و غیرفعال با نمونه برداری عضلانی، گزارش کردند mRNA و پروتئین VEGF عضله اسکلتی و پلازما افزایش معناداری یافته است. شاید دلیل ناهم سببودن نتایج این تحقیق با پژوهش حاضر این نکته باشد که در این تحقیق، نمونه برداری عضله انجام شده و بیان ژن بررسی شده است؛ اما در پژوهش حاضر خون گیری صورت گرفته است. چراکه مدت زمانی لازم است تا VEGF از عضله به خون حرکت کند (۲۴). میزان VEGF سرم وابسته به میزان تولید و ترشح VEGF از بافت های مختلف (به ویژه عضله اسکلتی فعال) است. مطالعات نشان می دهند که در پاسخ به فعالیت، پروتئین VEGF از عضله اسکلتی وارد گردش خون می شود. بنابراین، میزان VEGF خون سرخرگی با میزان خون سیاهرگی در پاسخ به فعالیت متفاوت است. همچنین، با توجه به اینکه میزان بیان ژن VEGF در پاسخ به هایپوکسی در تارهای کند انقباض بیشتر از تارهای تند انقباض است، این امکان دارد که فراخوانی نوع تارها نیز در میزان VEGF سرم در پاسخ به فعالیت سهیم باشد (۱۵).

به طور کلی، می توان گفت کاهش VEGF سرم به دنبال فعالیت ورزشی به این معنی نیست که فعالیت ورزشی میزان تولید VEGF را کاهش می دهد، اما امکان دارد که این کاهش ناشی از اتصال VEGF به گیرنده های موجود سلول های اندوتلیال باشد که این اتصال محرکی برای رخ دادن فرآیند آنژیوژنز در عضله قلبی و عضله اسکلتی است (۲۵) یا ناشی از اتصال VEGF به پروتئین هایی مانند هپارین سولفات است که افزایش این پروتئین ها از نشت پذیری بیش از حد عروق خونی در مقابل افزایش VEGF محافظت می کند (۱۵). در تحقیقات ورزشی، نشان داده شده است که شدت و مدت تمرینات و نوع آزمودنی ها نیز می تواند بر VEGF اثر بگذارد (۲۶). یکی از عوامل مهم رگ زایی نیز، نیتریک اکساید (NO) است که از راه تنش برشی در اندوتلیال آزاد می شود. مطالعات گزارش کرده اند افزایش تنش برشی هنگام شروع تکثیر سلول های اندوتلیال و فرآیند رگ زایی باعث آزاد شدن NO و افزایش VEGF می شود. تحقیقات زیادی نشان داده اند NO در فعال شدن مسیر سیگنالی VEGF نقش کلیدی ایفا می کند (۲۷). از آنجاکه یکی از سازوکارهای اصلی رهایش NO در عروق، تنش برشی است و در تمرینات مقاومتی، به علت اینکه گردش خون عمومی نسبت به تمرینات استقامتی ملایم تر است، به نظر می رسد تمرینات مقاومتی تأثیر چندانی بر رهایش NO نداشته باشد و کاهش رهایش NO به کاهش VEGF منجر می شود و عامل رگ زایی تا حدودی کاهش می یابد (۲۷). پس، به نظر می رسد با

توجه به نتایج متناقض تحقیقات پیشین و تحقیق حاضر، سازوکار تأثیرگذاری تمرینات ورزشی بر تغییرات VEGF در بافت‌های بدن مبهم و ناشناخته است.

از نتایج مهم مطالعه حاضر، این بود که شش هفته تمرین مقاومتی با مدت زمان تحت تنش دو ثانیه و شدت $1RM$ ۸۰ درصد و همچنین مدت زمان تحت تنش شش ثانیه با شدت $1RM$ ۵۰ درصد، باعث کاهش غیرمعنی داری در مقادیر سرمی اندوستاتین شده است. میزان اندوستاتین سرم در حالت استراحت، نشانه میزان دگرگونی‌های کلاژن است. وجود اندوستاتین در گردش خون افراد سالم ممکن است نشانه این باشد که در وضعیت طبیعی، فاکتورهای آنژیواستاتیکی نقش مهمی در تنظیم فرآیند آنژیوژنز ایفا می‌کنند. اندک مطالعات صورت گرفته در زمینه اندوستاتین نشان می‌دهد که میزان اندوستاتین سرم در پاسخ به فعالیت تک‌جلسه‌ای به طور معناداری در افراد سالم افزایش می‌یابد (۲۲)، اما یافته‌های به دست آمده از این مطالعه و تحقیقات دیگر نشان داده است که تمرینات ورزشی، برخلاف فعالیت حاد، اثرهای متفاوتی دارد. چنان‌که برخی مطالعات نشان دادند، فعالیت بدنی میزان اندوستاتین سرم را کاهش می‌دهد (۱۵، ۲۸). بریکسیوس و همکاران (۲۰۰۸) به این نتیجه رسیدند که میزان اندوستاتین، در پاسخ به فعالیت هوازی طولانی مدت، در مردان چاق کاهش می‌یابد (۲۹). سوهر و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان دادند که شش ماه فعالیت استقامتی میزان اندوستاتین را در مردان دوند به طور معنی داری کاهش می‌دهد (۳۰). اما سیدا و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که تمرینات ورزشی میزان اندوستاتین را در مردان غیرفعال تغییر نمی‌دهد (۳۱). این نتایج نشان می‌دهد که پاسخ اندوستاتین به تمرینات ورزشی به ویژگی‌های آنروپومتریکی و سطح آمادگی آزمودنی‌ها وابسته است. نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های سیدا و همکاران (۲۰۰۳) ناهم‌سو است (۳۱) که احتمالاً دلیل این تناقض ناشی از سطح پایه بسیار پایین اندوستاتین سرم در آزمودنی‌های مطالعه سیدا و همکاران باشد. در مطالعه آنها، که از آزمودنی‌های مرد استفاده کرده بودند، سطح پایه اندوستاتین (ng/ml) $2/27 \pm 5/23$ بود، درحالی که میزان پایه اندوستاتین سرم در این مطالعه، که از آزمودنی‌های زن استفاده شد، بالاتر بود. البته، در این زمینه به مطالعات بیشتری نیاز است. با بررسی تحقیقات پیشین، مشاهده شد که تحقیقات زیادی درباره ارتباط فعالیت ورزشی مقاومتی و اندوستاتین انجام نشده است. بیشتر، تأثیر تمرینات ورزشی استقامتی بر مقدار اندوستاتین بررسی شده که نتایج متناقضی هم گزارش شده است. به طور کلی، شاید بتوان گفت که همانند VEGF، تفاوت در نوع آزمودنی‌ها، روش‌های آزمایشگاهی اندازه‌گیری، بافت اندازه‌گیری شده و نوع، شدت و مدت تمرینات ممکن است بر مقادیر اندوستاتین تأثیرگذار باشند.

مطالعات اخیر نشان داده‌اند که میزان اندوستاتین با چگالی مویرگی و ویژگی‌های متابولیکی بافت، رابطه‌ای معکوس دارد. سازوکار کاهش اندوستاتین در پاسخ به تمرینات ورزشی هنوز واضح و معلوم نیست، اما احتمال دارد تمرینات ورزشی میزان دگرگونی را در ماتریکس برون سلولی کاهش دهد و این امر ممکن است مانع از جدا شدن اندوستاتین از کلاژن شود (۲۸). $TNF\alpha$ ، به منزله یکی از مهم‌ترین سایتوکاین‌های شناخته شده، تأثیرات مهمی بر عملکرد سلول‌های اندوتلیال دارد (۳۲). برامر و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که $TNF\alpha$

ممکن است از طریق تعدیل عمل پروتئازها، تشکیل اندوستاتین را در سلول‌های اندوتلیال سرکوب کند (۳۲)؛ در نتیجه، سازوکار ذکر شده، احتمالاً دلیل کاهش معنی‌دار میزان اندوستاتین سرم بعد از فعالیت باشد. اما، از آنجاکه این فاکتور در پژوهش حاضر اندازه‌گیری نشده است، نمی‌توان نظر دقیقی در این زمینه داد و به مطالعات بیشتری نیاز است. با توجه به اینکه در پژوهش حاضر عامل آنژیواستاتیکی (ES) به‌طور معنی‌داری کاهش یافته و در بررسی تحقیقات گذشته، سازوکارهای سلولی - مولکولی کاهش ES در پاسخ به فعالیت ورزشی بیان نشده است، محدودیت‌هایی در زمینه تفسیر و تعمیم‌دهی یافته‌های پژوهش ایجاد می‌شود. از این رو، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی به این موضوع بپردازند.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که شش هفته تمرین مقاومتی با مدت زمان متفاوت بر قرار گرفتن عضله تحت تنش، در هر تکرار، عامل رشدی اندوتلیال رگی، به‌منزله مهم‌ترین تنظیم‌کننده مثبت فرآیند آنژیوژنز و نیز اندوستاتین، به‌مثابه یکی از مهم‌ترین تنظیم‌کننده‌های منفی فرآیند آنژیوژنز، را کاهش داد و هیچ تفاوت معنی‌داری بین نتایج دو گروه مشاهده نشد که نشان می‌دهد احتمالاً بتوان این دو نوع برنامه تمرینی را جایگزین یکدیگر کرد. البته، باید گفت تحقیقات وسیع‌تری لازم است تا بتوان در این زمینه با قدرت بیشتری اظهار نظر کرد. در پایان، به مربیان ورزش بانوان پیشنهاد می‌شود، زمانی که می‌خواهند شدت تمرینات مقاومتی را افزایش دهند، به‌جای تغییر مقدار وزنه‌ها، مدت زمان قرار گرفتن عضله تحت تنش را در هر انقباض افزایش دهند؛ چرا که بنا به نتایج تحقیق حاضر، دست‌کم از نظر قدرتی به افزایش بیشتر قدرت منتهی می‌شود.

منابع

1. Shekarchizade, P. (2013). The effect of resistance training on the capillary density of skeletal muscle and plasma levels of several factors associated with normal and diabetic rats. [PHD thesis]. Iran. Faculty of Humanities. Tarbiat Modarres University. (Persian).
2. Bazgir, B. (2010). The comparison of plasma il-15 and crp response to ecc and con resistance training in athlete and non athlete. [Masters thesis]. Iran. Faculty of Education and Psychology. Shiraz University. (Persian).
3. Mazzetti, S., Douglass, M., Yocum, A., Harber, M. (2007). Effect of explosive versus slow contraction and exercise intensity on energy expenditure. *Medicine Science Sports Exercise*. 39(8):1291-301.
4. Gentil, P., Oliveria, E., Bottaro, M. (2006). Time under tension and blood lactate response during four different resistance training methods. *Journal Physiological Anthropology*. 25(5):339-44.
5. Goto, K., Ishii, N., Kizuka, T., Kraemer, R.P., Honda, Y., Takmatsu, K. (2009). Hormonal and metabolic responses to slow movement resistance exercise with different durations of concentric and eccentric actions. *European Journal of Applied Physiology*. 106(5):731-9.
6. Huber-Abel, F.A., Gerber, M., Hoppeler, H., Baum, O. (2012). Exercise-induced angiogenesis correlates with the upregulated expression of neuronal nitric oxide synthase (nNOS) in human skeletal muscle. *European Journal of Applied Physiology*. 112(1):155-62.
7. Prior, B.M., Yang, H.T., Terjung, R.L. (2004). What makes vessels grow with exercise training? *Journal of Applied Physiology*. 97:1119-28.
8. Mehri Alvar, Y., Sayevand, Z., Erfani Adab, F., Heidari Moghadam, R., Samavat Sharif, M., Karami, S. (2016). The effect of a five-week resistance training on some of the vascular growths factors in inactive men's. *Journal of Sport Physiology*. 29:15-30. (Persian).
9. Vanotti, A., Magiday, M. (1934). Untersuchungen zum studium des trainiertsein V über die capillarisation der trainierten muskulaturen. *Arbeits Physiologie*. 7:615-22.
10. Salehi, E., Amjadi, F., Khazaii, M. (2011). Angiogenesis in health and disease: The role of vascular endothelial growth factor (review article). *The Journal of Isfahan Medical School*. 132:312-26. (Persian).
11. Gustafsson, T., Rundqvist, H., Norrbom, J., Rullman, E., Jansson, E., Sundberg, C.J. (2001). The influence of physical training on the angiotensin and VEGF-A systems in human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*. 137:1012-20.

12. Aghajanian, A., Wittchen, E.S., Allingham, M.J., Garrett, T.A., Burrige, K. (2008). Endothelial cell junctions and the regulation of vascular permeability and leukocyte transmigration. *Journal of Thrombosis and Haemostasis*. 61453–60.
13. Mansuri, K., Seifi, P., Mostafaei, A., Mohammadi Motlagh, H. (2012). Study of mechanisms and causes of associated with angiogenesis (review article). *Journal of Kurdistan University of Medical Sciences*. 17:96-107. (Persian).
14. Karami, S., Ramazani, A. (2016). Adjustment in response to stimulatory and inhibitory factors of angiogenesis after four weeks of increasing resistance training in passive men. *Journal of Ofoghe Danesh*. 22(4):267-74. (Persian).
15. Nourshahi, M., Feizemilani, R., Gholamali, M. (2011). Effects of acute eccentric exercise on serum vascular endothelial growth factor and endostatin concentration in male wistar rats. *Journal of Sport in Biomotor Sciences*. 5(1):86-94. (Persian).
16. Barari, A., Bashiri, J., Sarabandi, M. (2015). The effect of circuit resistance training combined with ginseng supplementation level of VEGF and PDGF in inactive females. *Medical Journal of Tabriz University of Medical Sciences and Health Services*. 37(5):6-13. (Persian).
17. Arazi, H., Mirzaei, B., Heidari, N. (2014). Neuromuscular and metabolic responses to three different resistance exercise methods. *Asian Journal of Sports Medicine*. 5(1):30-8.
18. Arazi, H., Chegini, J. (2016). The comparative effect of different times under tension in eccentric phase of isotonic resistance exercise on markers of delayed-onset of muscle soreness. *Sport Physiology*. 8(31):63-76. (Persian)
19. Westcott, W.L., Winett, R.A., Anderson, E.S., Wojcik, J.R., Loud, R.L.R., Cleggett, E., Glover S. (2001). Effects of regular and slow speed training on muscle strength. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 41(2):154-8.
20. Keeler, L.K., Finkelstein, L.H., Miller, W., Fernhall, B. (2001). Early-phase adaptations of traditional-speed vs. super slow resistance training on strength and aerobic capacities in sedentary individuals. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 15(3):309-14.
21. Barari, A., Alavi, S., zabihi, E. (2014). The effect of short-term resistance training and silymarin consumption on some of capillarization and angiogenic factors in fat male. *International Journal of Sport Studies*. 4(7):771-5.
22. Gu, J.W., Gadonski, G., Wang, J., Makey, I., M., Adair, T.H. (2004). Exercise increases endostatin in circulation of healthy volunteers. *BMC physiology*. 4:2.
23. Behjati, A., Babaii, A., Faramarzi, M. (2015). The effect of resistance training on vascular endothelial growth factor (VEGF) in older women. *Iranian Journal of Ageing*. 10(3):156-65. (Persian).
24. Gavin, T.P., Drew, J.L., Kubik, C.J., Pofahl, W.E., Hickner, R.C. (2007). Acute resistance exercise increases skeletal muscle angiogenic growth factor expression. *Acta Physiologica*. 191(2):139–46.
25. Shekarchizade, P., Khazaii, M., Gharakhanlu, R., Karimiyan, J., Safarzade, A. (2012). The effect of resistance training on plasma levels of nitric oxide, vascular endothelial growth factor and its type one receptor in healthy male rats. *The Journal of Isfahan Medical School*. 30(176):65-73. (Persian).
26. Nourshahi, M., Babaii, A., Bigdeli, M., Ghasemi Beirami, M. (2013). The effect of six weeks of resistance training on VEGF and endosomal of tumor tissue in mice with breast cancer. *Journal of Biosciences – Sports*. 17:27-46. (Persian).
27. Mahru, M., Gaeeni, A., Chubine, S., Javidi, M. (2014). Changes in the angiogenic stimulus factors induced by increased resistance training in diabetic rats. *Journal of Diabetes and Metabolism of Iran*. 14(1):1-8. (Persian).
28. Nourshahi, M., Hedayati, M., Nemati, J., Ranjbar, K., Gholamali, M. (2012). Effects of 8 weeks endurance training on serum vascular endothelial growth factor and endostatin concentration in rats. *Journal of Koimesh*. 13(4):474-9. (Persian).
29. Brixius, K., Schoenberger, S., Ladage, D., Knigge, H., Falkowski, G., Hellmich, M., Graf, C., Latsch, J., Montie, G.L., Prede, G.L., Bloch, W. (2008). Long-term endurance exercise decreases antiangiogenic endostatin signalling in overweight men aged 50-60 years. *British Journal of Sports Medicine*. 42:126-9.
30. Suhr, F., Rosenwick, C., Vassiliadis, A., Bloch, W., Brixius, K. (2010). Regulation of extracellular matrix compounds involved in angiogenic processes in short- and long-track elite runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 20:441-8.
31. Seida, A., Wada, J., Kunitomi, M., Tsuchiyama, Y., Miyatake, N., Fujii, M., Kira, S., Takahashi, K., Shikata, K., Makino, H. (2003). Serum bFGF levels are reduced in Japanese overweight men and restored by a 6-month exercise education. *International Journal of Obesity Related Metabolic Disorders*. 27:1325-31.
32. Brammer, R.D., Bramhall, S.R., Eggo, M.C. (2005). Endostatin expression in a pancreatic cell line is modulated by a TNFalpha-dependent elastase. *British Journal of Cancer*. 93:1024-8.