

## بررسی اثر شش هفته تمرين مقاومتی با مدت زمان متفاوت قرار گرفتن عضله تحت تنفس بر VEGF و Endostatin سرم زنان جوان سالم

راضیه شیری<sup>۱</sup>، حجت‌الله نیک‌بخت<sup>۲</sup>، ماندانا غلامی<sup>۳\*</sup>، خسرو ابراهیم<sup>۴</sup>

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: ۷۹ تا ۶۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۶/۱۶

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۳/۲۱

### چکیده

مدت زمان قرار گرفتن عضله تحت تنفس از متغیرهای تمرينات قدرتی است که در سازگاری‌های ناشی از آن نقش دارد. مطالعه حاضر، با هدف بررسی اثر شش هفته تمرين مقاومتی با مدت زمان تحت تنفس متفاوت عضله بر مقادیر VEGF و Endostatin سرم زنان جوان سالم انجام شد. نفر از دانشجویان دختر ( $30 \pm 2.65$  سال) در این مطالعه مشارکت کردند. آزمودنی‌ها به طور تصادفی و مساوی در دو گروه با مدت زمان تحت تنفس یک ثانیه- یک ثانیه (Normal Speed Contraction) و سه ثانیه- سه ثانیه (Slow Speed Contraction) قرار گرفتند. بار تمرينی در هر دو گروه یکسان بود و تمرين مقاومتی به صورت دایره‌ای در هشت ایستگاه، به مدت شش هفته و سه روز در هفته انجام شد. جهت بررسی متغیرهای پژوهش قبل از دوره تمرينی و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرين، از آزمودنی‌ها نمونه خون گرفته شد. داده‌ها با آزمون آماری تحلیل کوواریانس در سطح معنی داری  $P \leq 0.05$  ارزیابی شدند. بین مقادیر VEGF و Endostatin دو گروه اختلاف معنی داری 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 به احتمال زیاد برای تغییر این شاخص به تمرين بیشتری نیاز است، اما تمرين با زمان تحت تنفس بیشتر (سه ثانیه- سه ثانیه)، ممکن است افزایش قدرت بیشتری را در شش هفته به دنبال داشته باشد.

**کلیدواژه‌ها:** رگزایی، تمرين 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, R<sup>1</sup>., Nikbakht, H<sup>2</sup>., Gholami, M<sup>3</sup>., Ebrahim, Kh<sup>4</sup>.

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 endostene serum levels in healthy young women. This study was conducted on 20 female students ( $22.65 \pm 2.03$  years). 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 endostein 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، محركی بالقوه است که به هایپرترووفی عضله می‌انجامد. با افزایش حجم عضله خون‌رسانی افزایش می‌یابد (۱). تمرینات دایره‌ای نوعی از تمرینات قدرتی است که تمام قسمت‌های بدن را به طور 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 اعمال شده در تعداد تکرارها در هر نوبت، به دست 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 تنفس قرار دارد (کل زمان درگیری عضلات در اعمال درون‌گرا، برون‌گرا و ایزومتریک بین حرکت) که این زمان را زمان تحت تنفس (TUT)<sup>۱</sup> می‌نامند (۳). هرچه زمان تحت تنفس بیشتر باشد، احتمالاً به کم خونی و تغییرات سوخت‌وسازی می‌انجامد و پاسخ‌های هورمونی افزایش می‌یابد (۴). افزایش زمان تحت تنفس عضلانی، به صورت مستقیم، شدت تمرین را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ به عبارتی، در تمریناتی که با روش آهسته اجرا می‌شوند و عضله زمان بیشتری تحت تنفس 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، به دلیل ایجاد تنفس عضلانی، هایپوکسی موضعی و نیز افزایش هورمون‌های استرسی، احتمالاً بر آژنیوژن‌ز 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<sub>2max</sub>)، به تعویق افتادن خستگی و تداوم اجرای ورزشی باشد تا بالاتر را میسر می‌کند (۸). در سال ۱۹۳۴ افزایش مویرگ عضله (آژنیوژن) در پاسخ به فعالیت ورزشی گزارش شد (۹). عوامل مختلفی، از جمله نیروهای همودینامیکی، هیپوکسی، انقباض عضلانی و انواع کشش‌ها و...، باعث عروقی شدن عضله اسکلتی در هنگام فعالیت ورزشی می‌شوند. فاکتورهای رشدی زیادی در فرآیند آژنیوژن درگیرند، اما اکثر تحقیقات فاکتور رشد اندوتیال رگی (VEGF)<sup>۲</sup> که یک پروتئین همودیمر باندشونده به هپارین با وزن مولکولی ۴۵ کیلو دالتون است (۱۰) مهم‌ترین فاکتور رشدی درگیر در این فرآیند ذکر کردند (۱۱). گزارش شده است که VEGF سبب ایجاد و شکل‌گیری روزنه‌هایی در آندوتیلیوم مویرگ‌ها و افزایش نشت پذیری عروقی می‌شود و از این طریق، مدت زمان حضور خون در مویرگ‌ها و تبادل گازهای تنفسی را افزایش می‌دهد (۱۲). در مقابل، اندوستاتین، پیتیدی با وزن ۲۰ کیلو دالتون، با منشأ کلاژن نوع ۱۸ از مهم‌ترین عوامل آژنیوستاتیکی است که با اتصال به VEGF، مانع عملکرد آن می‌شود و با کاهش تکثیر و افزایش آپوپتوز سلول‌های اندوتیال و فعال‌سازی عوامل آژنیوستاتیک دیگر، فرآیند آژنیوژن را کاهش می‌دهد (۱۳). در بررسی تحقیقات انجام شده در حیطه تمرینات مقاومتی و رگزایی، نتایج متناقضی دیده می‌شود؛ به طوری که مهری الوار و همکاران (۱۳۹۵)

1. Time Under Tension

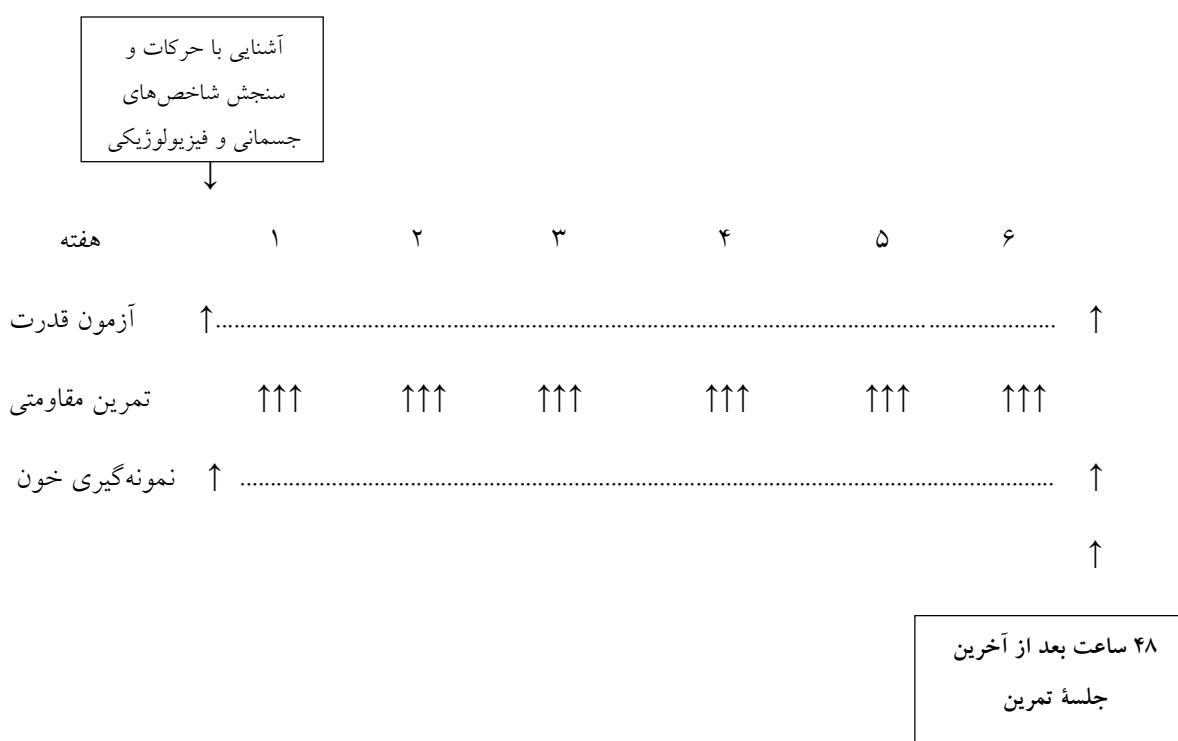
2. Vascular Endothelial Growth Factor

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 می‌دهد (۸). در جایی دیگر، کرمی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند که چهار هفته تمرین مقاومتی فراینده در مردان غیرفعال بر مقادیر VEGF و NO<sup>۱</sup> تأثیر معنی داری دارد، ولی تأثیر معنی داری بر مقادیر اندوستاتین نمی‌گذارد (۱۴). به طور کلی، مطالعات نشان داده‌اند که آنتیوژن 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 (ضمیر حفظ بار تمرین) ضروری به نظر می‌رسد. 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 می‌شود 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.

## روش‌شناسی

روش تحقیق حاضر، کارآزمایی و از نوع پیش‌آزمون-پس‌آزمون 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 آزمودنی‌ها 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 آزمودنی‌ها توضیح داده شد. سپس، رضایت‌نامه آگاهانه و پرسشنامه سلامتی را تکمیل کردند. کلیه روند تحقیق به تأیید کمیته اخلاق در پژوهش‌های 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 آزمودنی‌ها به آزمایشگاه دعوت شدند تا ضمن آشنایی با حرکات و آموزش‌های لازم، برخی از شاخص‌های جسمانی و فیزیولوژیکی به این شرح ثبت شود: سن، قد، وزن، درصد چربی (با استفاده از کالیپر و از روش برآورد سه نقطه‌ای (سه سر بازویی، شکم و فوق خاصره) پولاک - جکسون) شاخص توده بدنی (با استفاده از فرمول وزن تقسیم بر مجموع قد بر حسب متر) و اندازه‌گیری حداکثر قدرت (1RM)<sup>۲</sup> از فرمول برزیکی<sup>۳</sup> ((تکرار $\times$ ۰/۰۲۷۸) / (۰/۰۲۷۸)) / وزن جابه‌جا شده به کیلوگرم = یک تکرار بیشینه) برای هریک از شش حرکت مورد استفاده در تحقیق به منظور تعديل شدت برنامه تمرینی مقاومتی. آزمودنی‌ها با توجه به ویژگی‌های آنтроپومتریک هم‌گن شدند و به صورت تصادفی در دو گروه مساوی جای داده شدند. گروه اول هریک از

حرکات قادرتری را با مدت زمان تحت تنفس یک ثانیه - یک ثانیه (NSC) در هر انقباض، اجرا کردند و گروه دوم با مدت زمان تحت تنفس سه ثانیه - سه ثانیه (SSC) حرکات را انجام دادند. بار تمرینی در هر دو گروه یکسان بود و قبل و بعد از شش هفته تمرین مقاومتی، از آزمودنی های هر دو گروه آزمون قدرت پا گرفته شد. پیش از اجرای هر آزمون جسمانی و خونی، آزمودنی ها دو ساعت از خوردن امتناع کردند و دوازده ساعت نیز از خوردن کافئین خودداری کردند (۸). به منظور سنجش نمونه های خونی، از سیاه رگ بازویی دست غیربرتر آزمودنی ها در دو مرحله پیش و پس از اجرای پروتکل شش هفته ای نمونه خون گرفته شد. برای حذف آثار موقت تمرین نیز نمونه گیری خونی ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین صورت گرفت (۸).



سرم نمونه های اخذ شده به روش سانتریفیوژ (۱۰۰۰۰ دور در دقیقه و به مدت چهار دقیقه) جدا شد و تا زمان اندازه گیری در دمای ۷۰- درجه سانتی گراد نگه داری شد. به منظور تجزیه و تحلیل داده های مربوط به VEGF و اندوستاتین، از کیت های الایزا ساخت IBL کشور آلمان استفاده شد. پروتکل تمرین مقاومتی به صورت دایره ای 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 یکسان سازی بار تمرینی دو گروه استفاده شد (۱۷):

## حجم × شدت = بار تمرین

$$(زمان تحت تنش عضله \times تعداد تکرار) \times شدت = بار تمرین$$

بعد از گرم کردن عمومی (پنج دقیقه دوی نرم با سرعت آهسته و بدون شب روی تردیل) 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 استراحت های یک دقیقه ای بین دوره ها، 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 استراحت های یک دقیقه ای بین دوره ها انجام گرفت. استراحت بین ایستگاهها ۳۰ ثانیه در نظر گرفته شد و جهت رعایت اصل اضافه بار، 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 اندازه گیری شد و آزمودنی ها در هفته های بعدی با درصد های یک تکرار بیشینه جدید به تمرین پرداختند. مکان انجام تمرینات سالن بدنسازی دانشگاه خوارزمی کرج بود. جهت بررسی طبیعی بودن توزیع داده ها از آزمون شاپیرو ویلک و از آزمون لوین به منظور بررسی همگنی واریانس ها استفاده شد. همچنین، جهت تجزیه و تحلیل داده ها از آزمون تحلیل کوواریانس و آزمون تی زوجی و مستقل در سطح معنی داری کمتر یا مساوی ۰/۰۵٪ استفاده شد. تجزیه و تحلیل های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS 16 انجام شد.

## یافته ها

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

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد و نتایج آماری شاخص های ترکیب سنجی

BMI (kg/m <sup>2</sup> )	درصد چربی (درصد)	وزن بدون چربی (کیلوگرم)	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتی متر)	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	پیش آزمون	(یک ثانیه - یک ثانیه)
*۲۰/۱±۱۵/۲	*۲۱/۱±۸/۸	*۴۱/۱±۳/۵	۵۴/۵±۰/۰۵			پس آزمون	
۲۲/۳±۰/۱۱	۲۴/۲±۰/۶۲	۴۲/۳±۱۶/۶	۵۶/۸±۵/۲	۱۶۰/۳±۳/۰۵	۲۲/۳±۲/۳	پیش آزمون	(سه ثانیه - سه ثانیه)
*۲۱/۲±۵/۷	*۲۲/۱±۹/۶	*۴۱/۳±۷/۵	*۵۵/۷±۲/۱			پس آزمون	

\* اختلاف معنی دار با مقادیر پیش آزمون

نتایج آزمون شاپیرو ویلک جهت بررسی طبیعی بودن توزیع داده ها برای فاکتورهای VEGF ( $P=0/76$ ) و اندوستاتین ( $P=0/56$ ) و نیز آزمون لون، جهت بررسی همگنی واریانس ها برای فاکتورهای VEGF ( $P=0/79$ ) و اندوستاتین ( $P=0/17$ )، نشان داد که توزیع داده ها طبیعی بوده است. نتایج آزمون تی مستقل در پیش آزمون برخی از شاخص های جسمانی و فیزیولوژیکی از جمله سن ( $P=0/15$ )، قد ( $P=0/11$ )، وزن ( $P=0/53$ )،

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 شش‌هفته تمرین مقاومتی در هر دو گروه باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار آماری در فاکتورهای وزن بدون چربی، درصد چربی و **BMI** شده است ( $P\leq0/05$ ) و تنها در گروه **NSC**, بین وزن قبل از تمرین و بعد از تمرین تفاوت آماری معنی‌دار نبود ( $P=0/09$ ). علاوه‌براین، 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 **VEGF** بین‌گروهی، به‌دبیال شش‌هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای، در دو گروه **NSC** و **SSC**، مقادیر سرمی ( $P=0/37$ ) و اندوستاتین ( $P=0/36$ ) تفاوت آماری معنی‌داری ندارد. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد بین دو گروه در آزمون قدرت اختلاف 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 ( $P\leq0/05$ ).

جدول ۲. نتایج تغییرات قدرت و شاخص‌های رگزایی

<b>P</b> بین‌گروهی	<b>P</b> درونوں‌گروهی	درصد تغییرات	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	گروه	متغیر
$0/37$	$0/08$	$-11/17\pm4/9$	$80/12\pm0/19$	$92/18\pm6/8$	(یک ثانیه-یک ثانیه)	VEGF (نانوگرم بر میلی‌لیتر)
	$0/22$	$-8/19\pm1/5$	$65/12\pm6/2$	$75/11\pm2/4$	(سه ثانیه-سه ثانیه)	
$0/63$	$0/42$	$-9/25\pm2/4$	$106/42\pm1/7$	$117/29\pm6/9$	(یک ثانیه-یک ثانیه)	اندوستاتین (نانوگرم بر میلی‌لیتر)
	$0/17$	$-10/31\pm8/9$	$85/8\pm9/83$	$108/42\pm5/5$	(سه ثانیه-سه ثانیه)	
$0/02$	$*0/001$	$4/1\pm1/9$	$89/10\pm6/8$	$86/11\pm2/7$	(یک ثانیه-یک ثانیه)	قدرت پا (کیلوگرم)
	$*0/001$	$5/0\pm4/7$	$93/6\pm2/66$	$88/6\pm4/0$	(سه ثانیه-سه ثانیه)	

اعداد به صورت میانگین  $\pm$  انحراف معیار بیان شده است ( $X\pm SD$ )\*اختلاف معنی‌دار از مقادیر پیش‌آزمون ( $P\leq0/05$ )

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 به‌دبیال شش‌هفته 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  $0/9$ ,  $0/8$  و  $1/2$  درصد و در گروه **SSC** به ترتیب  $2/3$ ,  $2/8$  و  $4/8$  درصد کاهش یافته است که از نظر آماری نیز معنی‌دار است ( $P\leq0/05$ ). در مقایسه مقادیر مربوط به قدرت پا نیز، که به‌منزله 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 ۵/۴ درصد افزایش مشخص می‌کند که نشان می‌دهد در گروه دوم، که مدت زمان قرار گرفتن عضله تحت تنفس 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 تنفس عضله) و شدت (۱RM%) 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 تنفس 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 کم خونی ایجاد کنند؛ برای مثال، برخی پژوهشگران از شریان‌بند استفاده کرده‌اند (۱۸) و برخی دیگر نیز تمرین با زمان‌های انقباض طولانی تر 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 تنفس قرار داشت، بیشتر بود. بنا به تحقیقات پیشین، هرچه زمان تحت تنفس بیشتر باشد، احتمالاً کم خونی و تغییرات سوخت‌وسازی بیشتر می‌شود و پاسخ‌های هورمونی افزایش می‌یابد (۴). این حالت ممکن است به افزایش به کارگیری واحدهای حرکتی تند انقباض منجر شود که پس از واحدهای کند انقباض فراخوانی می‌شوند (۱۸). علاوه‌براین، تغییرات مدت زمان تنفس 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 تنفس مختلف گزارش کرده‌اند 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 کلیر و همکاران (۲۰۰۱) از طرح مشابه پیش‌گفته استفاده و مشاهده کرده‌اند که قدرت در گروه تمرین منظم (۳۹ درصد) نسبت به گروه تمرین آهسته (۱۵ درصد) بهبود یافته است (۲۰).

علاوه‌براین، مطالعه حاضر نشان داد که شش هفته تمرین مقاومتی با مدت زمان تحت تنفس (یک ثانیه - یک ثانیه) و شدت ۸۰ ۱RM درصد و همچنین، مدت زمان تحت تنفس (سه ثانیه - سه ثانیه) با شدت ۵۰ ۱RM درصد باعث کاهش غیرمعنی‌داری در مقادیر سرمی VEGF شده است. به طور کلی، فعالیت بدنی فاکتور رشد اندوتیال 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 هم سوبودن 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 بدنه، 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 و هله پروتکل مقاومتی باز کردن زانو روی آزمودنی های مرد و زن سالم و غیرفعال با نمونه برداری عضلانی، گزارش کردند mRNA و پروتئین VEGF عضله اسکلتی و پلاسمای افزایش معناداری یافته است. شاید دلیل ناهم سوبودن 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 اندوتیال باشد که این اتصال محركی برای رخدادن فرآیند آنزیوژن 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 اثر VEGF بگذارد (۲۶). یکی از عوامل مهم رگزایی نیز، نیتریک اکساید (NO) است که از راه تنش برشی در اندوتیال آزاد می شود. مطالعات گزارش کرده اند افزایش تنش برشی هنگام شروع تکثیر سلول های اندوتیال و فرآیند رگزایی 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 سازو کارهای اصلی رهایش NO در عروق، تنش برشی است و در تمرینات مقاومتی، به علت اینکه گردش خون عمومی نسبت به تمرینات استقاماتی 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 رگزایی تا حدودی کاهش می یابد (۲۷). پس، به نظر می رسد با

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

از نتایج مهم مطالعه حاضر، اين بود که شش هفته تمرين مقاومتی با مدت زمان تحت تنش دو ثانیه و شدت ۸۰ ۱RM درصد و همچنین مدت زمان تحت تنش شش ثانیه با شدت ۵۰ ۱RM درصد، باعث کاهش غيرمعنی‌داری در مقادیر سرمی اندوستاتین شده است. میزان اندوستاتین سرم در حالت استراحت، نشانه میزان دگرگونی‌های کلارژن است. وجود اندوستاتین در گردش خون افراد سالم ممکن است نشانه این باشد که در وضعیت طبیعی، فاكتورهای آنزیواستاتیکی نقش مهمی در تنظیم فرآیند آنزیوژن ایفا می‌کنند. اندک مطالعات صورت گرفته در زمینه اندوستاتین نشان می‌دهد که میزان اندوستاتین سرم در پاسخ به فعالیت تک جلسه‌ای به طور معناداری در افراد سالم افزایش می‌یابد (۲۲)، اما یافته‌های به دست آمده از این مطالعه و تحقیقات دیگر نشان داده است که تمرينات 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 هوایی طولانی مدت، در مردان چاق کاهش می‌یابد (۲۹). سوهر و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان دادند که شش ماه فعالیت استقاماتی میزان اندوستاتین را در مردان دونده به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد (۳۰). اما سیدا و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که تمرينات ورزشی میزان اندوستاتین را در مردان غيرفعال تغییر نمی‌دهد (۳۱). این نتایج نشان می‌دهد که پاسخ اندوستاتین به تمرينات ورزشی به ویژگی‌های آتریوپومتریکی 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 ( $\text{ng/ml}$ )  $2/27 \pm 5/23$  بود، درحالی‌که 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 تمرينات ورزشی استقاماتی 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 تمرينات 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 تمرينات ورزشی هنوز واضح و معلوم نیست، اما احتمال دارد تمرينات ورزشی میزان دگرگونی را در ماتریکس برون‌سلولی کاهش دهد و این امر ممکن است مانع از جداسدن اندوستاتین از کلارژن شود (۲۸). TNF $\alpha$ ، به منزله یکی از مهم‌ترین سایتوکاین‌های شناخته شده، تأثیرات مهمی بر عملکرد سلول‌های اندوتیال دارد (۳۲). برامر و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که TNF $\alpha$

ممکن است از طریق تعدیل عمل پروتئازها، تشکیل اندوستاتین را در سلول‌های اندوتیال 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 آنزیوستاتیکی (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 این‌رو، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی به این موضوع بپردازند.

### نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، نتایج این پژوهش نشان داد که شش هفته تمرین مقاومتی با مدت زمان متفاوت قرار گرفتن عضله تحت تنفس، در هر تکرار، عامل رشدی اندوتیال رگی، به‌منزله مهم‌ترین تنظیم‌کننده مثبت فرآیند آنژیوژنر و نیز اندوستاتین، به‌متابه یکی از مهم‌ترین تنظیم‌کننده‌های منفی فرآیند آنژیوژنر، را کاهش داد و هیچ تفاوت معنی‌داری بین نتایج دو گروه مشاهده نشده 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 مریان ورزش بانوان پیشنهاد می‌شود، زمانی که می‌خواهند شدت تمرینات مقاومتی را افزایش دهند، به‌جای تغییر مقدار وزنه‌ها، مدت زمان قرار گرفتن عضله تحت تنفس را در هر انقباض افزایش دهند؛ چرا که بنا به نتایج تحقیق حاضر، دست‌کم از نظر قدرتی به افزایش بیشتر قدرت متنه می‌شود.

### منابع

- 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 Modares University. (Persian).
- Bazgir, B. (2010). The comparison of plasma IL-15 and CRP response to eccentric and concentric resistance training in athlete and non-athlete. [Masters thesis]. Iran. Faculty of Education and Psychology. Shiraz University. (Persian).
- Mazzetti, S., Douglass, M., Yocom, A., Harber, M. (2007). Effect of explosive versus slow contraction and exercise intensity on energy expenditure. Medicine Science Sports Exercise. 39(8):1291-301.
- Gentil, P., Oliveria, E., Bottaro, M. (2006). Time under tension and blood lactate response during four different resistance training methods. Journal of Physiological Anthropology. 25(5):339-44.
- Goto, K., Ishii, N., Kizuka, T., Kraemer, R.P., Honda, Y., Takematsu, 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.
- 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.
- Prior, B.M., Yang, H.T., Terjung, R.L. (2004). What makes vessels grow with exercise training? Journal of Applied Physiology. 97:1119-28.
- 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 growth factors in inactive men's. Journal of Sport Physiology. 29:15-30. (Persian).
- Vanotti, A., Magiday, M. (1934). Untersuchungen zum Studium des Trainierseins V über die Capillarisierung der trainierten Muskulaturen. Arbeits Physiologie. 7:615-22.
- Salehi, E., Amjadi, F., Khazaei, 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).
- Gustafsson, T., Rundqvist, H., Norrbom, J., Rullman, E., Jansson, E., Sundberg, C.J. (2001). The influence of physical training on the angiopoietin 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., Burridge, K. (2008). Endothelial cell junctions and the regulation of vascular permeability and leukocyte transmigration. *Journal of Thrombosis and Haemostasis*. 61:453–60.
13. Mansuri, K., Seifi, P., Mostafaii, 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 Ofgoghe 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., Karimyan, 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 Koomesh*. 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.