Original article

The Effect of Low-intensity TRX Suspension Training with Blood Flow Restriction on Serum Levels of Angiogenesis Factors VEGF, HIF-1, and Body Composition in Active Female

Parisa Basiri[1]
Kazem Khodaei[2*]
Javad Toloei-azar[3]

1. Department of Sport Physiology and Corrective exercises, Faculty of Sport Sciences, Urmia University, Urmia, Iran
2. Assistant professor of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Urmia University, Urmia, Iran
3. Associate professor of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Urmia University, Urmia, Iran

***Corresponding author:** Kazem Khodaei, Faculty of Sport Sciences, Urmia University, Urmia, Iran

Email: k.khodaei@urmia.ac.ir

Received: 13 March 2024
Accepted: 28 April 2023

ABSTRACT

Introduction and purpose: Resistance training with blood flow restriction increases the recruitment of fast-twitch fibers in hypoxia conditions. It also boosts the synthesis of muscle protein with anabolic hormone indices. Therefore, the purpose of the present study was to investigate the effect of low-intensity TRX suspension training with blood flow restriction on vascular endothelial growth factor (VEGF), hypoxia-inducible factor-1 (HIF-1), and body composition in active female students.

Methods: The present semi-experimental study was conducted on 36 female physical education students. The samples were selected purposefully and then randomly divided into three groups, namely high-intensity TRX suspension training, low-intensity TRX suspension training with blood flow restriction, and control. The training groups performed three sessions of TRX exercises with and without blood flow restriction for eight weeks. Analysis of covariance (ANCOVA) and Bonferroni post hoc test were used to compare the results between groups.

Results: The findings showed that eight-week low-intensity TRX training with blood flow restriction caused a significant increase in VEGF (P=0.001), HIF-1 (P=0.001), and total body muscle mass (P=0.008) compared to the control group. The high-intensity TRX training group also increased VEGF (P=0.018) and HIF-1 (P=0.002) compared to the control group. However, the low-intensity TRX training group with blood flow restriction led to a significant increase in HIF-1 concentration compared to the high-intensity TRX training group (P=0.031). TRX suspension training with and without blood flow restriction had no significant impact on body mass index, body fat percentage, and total body water (P<0.05).

Conclusion: Overall, the results of this research showed that performing eight-week low-intensity TRX training with blood flow restriction improved the levels of VEGF, HIF-1, and muscle mass in active females. Therefore, these exercises can be a suitable training method to improve angiogenesis factors and body composition in females.

Keywords: Angiogenesis, Blood flow restriction, Body composition, Suspension exercises

▶ **Citation:** Basiri P, Khodaei K, Toloei-azar J. The Effect of Low-intensity TRX Suspension Training with Blood Flow Restriction on Serum Levels of Angiogenesis Factors VEGF, HIF-1, and Body Composition in Active Female. Journal of Health Research in Community. Summer 2024;10(2): 27-38.

Copyright© 2024, Published by Mazandaran University of Medical Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY) License (http://creativecommons.org/) which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2026-02-16]

[DOR: 20.1001.1.24236772.1403.10.2.3.2]

مقاله پژوهشی

تأثیر تمرینات تعلیقی TRX با شدت کم به همراه محدودیت جریان خون بر میزان سرمی فاکتورهای رگ‌زایی VEGF، HIF-۱ و ترکیب بدنی در دختران فعال

پریسا بصیری[۱]
کاظم خدائی[۲*]
جواد طلوعی آذر[۳]

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده‌ی علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۲. استادیار فیزیولوژی ورزشی، دانشکده‌ی علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۳. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشکده‌ی علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

* نویسنده مسئول: کاظم خدائی، دانشکده‌ی علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

Email: k.khodaei@urmia.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۰۸

چکیده

مقدمه و هدف: تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون به افزایش فراخوانی تارهای تند انقباض در شرایط هیپوکسی منجر می شود. همچنین، تحریک هورمون های آنابولیک، افزایش سنتز پروتئین های عضله را به دنبال دارد؛ بنابراین، هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر تمرینات تعلیقی TRX با شدت کم همراه با محدودیت جریان خون بر فاکتور رشد اندوتلیال عروقی (VEGF)، فاکتور القاکننده‌ی هیپوکسی ۱ (HIF-۱) و ترکیب بدنی در دانشجویان دختر فعال بود.

روش کار: پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی بود. تعداد ۶۳ دانشجوی دختر تربیت‌بدنی به‌صورت هدفمند انتخاب و به‌طور تصادفی به سه گروه تمرین تعلیقی TRX با شدت زیاد، با شدت کم همراه با محدودیت جریان خون و کنترل تقسیم شدند. گروه‌های تمرینی به مدت ۸ هفته و هر هفته، ۳ جلسه تمرینات TRX را با و بدون محدودیت جریان خون اجرا کردند. برای مقایسه‌ی نتایج بین‌گروهی از آزمون تحلیل کوواریانس (ANCOVA) و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که ۸ هفته تمرین TRX با شدت کم و محدودیت جریان خون باعث افزایش معنی‌داری در VEGF (P=۰/۰۰۱)، HIF-۱ (P=۰/۰۰۱) و توده‌ی عضلانی کل بدن (P=۰/۰۰۸) نسبت به گروه کنترل شده است. تمرینات TRX با شدت زیاد نیز VEGF (P=۰/۰۱۸) و HIF-۱ (P=۰/۰۰۲) را نسبت به گروه کنترل افزایش داد. بااین‌حال، تمرینات TRX با شدت کم و محدودیت جریان خون به افزایش معنی‌داری در میزان غلظت HIF-۱ نسبت به تمرین TRX با شدت زیاد منجر شد (P=۰/۰۳۱). تمرین تعلیقی TRX با و بدون محدودیت جریان خون تأثیر معنی‌داری بر شاخص توده‌ی بدنی، درصد چربی بدن و کل آب بدن نداشت (P>۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که اجرای ۸ هفته تمرین TRX کم‌شدت با محدودیت جریان خون باعث بهبود سطوح VEGF، HIF-۱ و توده‌ی عضلانی در دختران فعال می‌شود و این تمرینات می‌تواند روش تمرینی خوبی برای بهبود عوامل رگ‌زایی و ترکیب بدنی در دختران باشد.

کلمات کلیدی: تمرینات تعلیقی، محدودیت جریان خون، آنژیوژنز، ترکیب بدنی

◄ **استناد:** بصیری، پریسا؛ خدائی، کاظم؛ طلوعی آذر، جواد. تأثیر تمرینات تعلیقی TRX با شدت کم به همراه محدودیت جریان خون بر میزان سرمی فاکتورهای رگ‌زایی VEGF، HIF-۱ و ترکیب بدنی در دختران فعال. مجله تحقیقات سلامت در جامعه، تابستان ۱۴۰۳؛۱۰(۲): ۳۸-۲۷

مقدمه

تمرینات مقاومتی بخشی اساسی از آمادگی جسمانی برای افزایش اجرای فعالیت ورزشی و سلامت عمومی است که

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2026-02-16]
[DOR: 20.1001.1.24236772.1403.10.2.3.2]

انواع مختلفی دارد و یک نوع عملکردی آن تمرینات تعلیقی است [۱]. تمرینات تعلیقی نمونه‌ای از تمرینات مقاومتی در شرایط ناپایداری است که با هدف تقویت قدرت و استقامت عضلانی، تعادل، انعطاف‌پذیری و سرعت به کار می‌رود که با تمرکز بر تقویت عضلات مرکزی با استفاده از وزن بدن طراحی شده است [۲]. همچنین، به‌علت وضعیت قرارگیری ناپایدار بدن، مقابله با نیروی جاذبه‌ی زمین و حفظ تعادل در حین اجرای بیشتر حرکات، علاوه بر درگیری عضلات اصلی، عضلات جانبی دیگر، به‌ویژه عضلات تنه نیز حین فعالیت درگیر می‌شوند [۳]. سیستم‌های تمرینی تعلیقی مختلفی وجود دارد که تمرینات تعلیقی TRX یکی از این سیستم‌های تمرینی است که در دهه‌ی اخیر محبوبیت ویژه‌ای بین ورزش‌کاران، مربیان، افراد مسن و پژوهشگران کسب کرده است [۴]. بااین‌حال، مانند دیگر تمرینات مقاومتی که شدت های متوسط تا زیاد آن‌ها باعث سازگاری بیشتر ساختاری و عضلانی میشود ولی امکان اجرای آن‌ها برای افراد مسن، مبتدی یا دارای مصدومیت امکان‌پذیر نیست، اجرای برخی از تمرینات تعلیقی با شدت بالا نیز برای این افراد دشوار است [۵]. بااین‌حال، محققان تکنیکی از تمرینات را به‌عنوان تمرینات کاتسو یا با محدودیت جریان خون پیشنهاد داده اندکه مشکلات اجرای تمرینات شدید را برطرف می کند. در این روش تمرینی، جریان خون عضله‌ی فعال در حین تمرین از طریق بستن یک کاف یا کش لاستیکی انعطاف پذیر به دور قسمت پروگزیمال بازو یا ران محدود می شود [۵، ۴]. شدت این تمرینات به‌طور معمول بین ۲۰ تا ۳۰ درصد یک تکرار بیشینه (تقریباً معادل شدت فعالیت روزانه‌ی افراد) در نظر گرفته می شود؛ بنابراین، برای افراد با ویژگی های جسمانی متفاوت تحمل‌پذیر است [۶]. در این روش تمرینی، تأثیر محرک تمرین از طریق ایجاد استرس متابولیک افزایش می یابد. با محدود شدن جریان خون، بازگشت وریدی کاهش می‌یابد که باعث تجمع متابولیت ها، به‌ویژه اسید لاکتیک، رادیکال های آزاد و فاکتورهای خونی مربوط به هیپوکسی در عضله‌ی فعال می شود. این محرک ها در نهایت باعث تحریک هورمونی و متابولیکی می‌شوند [۷].

یکی از سازگاری های مهمی که در پی انجام تمرینات مقاومتی رخ می دهد، افزایش جریان خون است که باعث تأمین مواد سوخت‌وسازی بافت‌های فعال و در پی آن، دفع استرس‌های فیزیولوژیکی در زمان ورزش می شود. برای ایجاد این شرایط در ساختار عروقی عضلات اسکلتی فرایندی به نام رگ‌زایی (Angiogenesis) رخ می دهد. این پدیده به معنی شکل گیری شبکه‌ی مویرگی جدید است. آنژیوژنز با تکثیر و مهاجرت سلول های اندوتلیال (Endothelial) آغاز می‌شود و به دو شکل جوانه زدن و دونیم شدن رگ تکامل‌یافته صورت می گیرد. از جمله فاکتورهای مهم آنژیوژنیک، فاکتور رشد اندوتلیال عروق (VEGF) است که قویترین میتوژن (Mitogen) مخصوص سلولهای اندوتلیال شناخته شده است (۷). VEGF به‌طور عمده توسط سلول های اندوتلیال، عضلات صاف، تاندون ها، پلاکت ها، تیموس و عضلات اسکلتی ترشح می شود. VEGF در پاسخ به محرکهایی مانند هیپوکسی و استرس برشی (نیروی همودینامیکی ناشی از اصطکاک جریان خون با دیواره‌ی عروق)، شدت و مدت فعالیت ورزشی، انقباض و کشش عضله، کاهش غلظت گلوکز خون، انواع سایتوکاین‌ها و عامل قابل القای هیپوکسی۱ (HIF-۱) از سلول اندوتلیالی ترشح می شود [۸]. ازآنجایی‌که عروق خونی و مویرگ ها در میان فاسیکول ها و تارهای بافت عضلانی گسترده شده اند، در طی فعالیت های ورزشی به‌واسطه ی چرخه های انقباض و کشش، عروق خونی آن متحمل دوره های ایسکمیک-ریپرفیوژن (Ischemic-reperfusion) می‌شود. این دوره ها خود از طریق ایجاد حالت هیپوکسی باعث فعال‌سازی HIF-۱ می شود. کمپلکس HIF-۱ بعد از شکل گیری می تواند عناصر واکنش به هیپوکسی را در هسته، که روی ژن هدف قرار دارد، شناسایی کند. با توجه به

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2026-02-16]

[DOR: 20.1001.1.24236772.1403.10.2.3.2]

اینکه مطالعات قبلی هیپوکسی را عامل افزایش VEGF عنوان می کنند، ممکن است تمرینات با محدودیت جریان خون باعث افزایش HIF-۱ شود و در نتیجه، رگ‌زایی را افزایش دهد [۹].

شیمیزو (Shimizu) و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه ای تأثیر ۴ هفته تمرین مقاومتی با شدت سبک به همراه محدودیت جریان خون را بر عملکرد اندوتلیالی عروق و گردش خون محیطی افراد مسن سالم بررسی کردند و نشان دادند که این تمرینات باعث افزایش میزان VEGF، هورمون رشد، نوراپینفرین و لاکتات می شود [۱۰]. همچنین، نادری بلداجی و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر تمرینات ورزشی با شدت سبک و به همراه محدودیت جریان خون را در رتهای مسن بر آنژیوژنز بررسی کردند و نشان دادند که ورزش با محدودیت جریان خون باعث افزایش VEGF و گیرنده های آن می شود [۱۱] . اما مطالعات پیشین انجام‌شده عدم تأثیر تمرینات تعلیقی را در بهبود ترکیب بدنی در جمعیت های مختلف نشان داده اند [۱۳, ۱۲]. بااین‌حال، مطالعه ای یافت نشد که تأثیر تمرینات تعلیقی به همراه محدودیت جریان خون بر ترکیب بدنی را که جزئی از مؤلفه های آمادگی جسمانی مرتبط با سلامت است، بررسی کرده باشد. از طرفی، مطالعات پیشین ارتباط بین میزان بافت چربی و عضله (ترکیب بدنی) با میزان بیان فاکتورهای آنژیوژنزی را نشان داده اند [۱۶-۱۴] . با توجه به موارد ذکرشده در بالا، تمرینات تعلیقی TRX نوعی تمرین فانکشنال مؤثر در بهبود بیشتر مؤلفه های آمادگی جسمانی، با هزینه‌ی کم و قابل دسترس برای عموم جامعه است. بااین‌حال اجرای حرکات TRX با شدت های بالا برای عموم جامعه، به‌طور مثال افراد تمرین‌نکرده، مسن، کودکان یا افراد در حال توان‌بخشی مقدور نیست. ممکن است استفاده از روش محدودیت جریان خون اثربخشی شدت های پایین این تمرین کاربردی را در بهبود برخی شاخص های فیزیولوژیک بهبود بخشد. بنابراین، محققان مطالعه‌ی حاضر قصد دارند تا میزان اثربخشی تمرینات تعلیقی با شدت کم به همراه محدودیت جریان خون را نسبت به تمرینات تعلیقی با شدت بالا و بدون محدودیت جریان خون بر میزان سرمی فاکتورهای آنژیوژنز و ترکیب بدنی دختران فعال بررسی کنند.

روش کار

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. جامعه ی آماری پژوهش حاضر را دانشجویان دختر ۲۰ تا ۲۵ساله ی رشته‌ی تربیت‌بدنی دانشگاه ارومیه تشکیل می دادند. ۳۶ دانشجوی دختر با میانگین سن ۳/۸±۲۳/۲ سال، وزن بدن ۶/۶±۵۷/۲ کیلوگرم و قد ۵/۰۰±۱۶۰/۷ سانتی‌متر از این جامعه به‌صورت هدفمند انتخاب شدند و به‌صورت تصادفی به سه گروه ۱۲نفره شامل گروه تمرین تعلیقی TRX با شدت زیاد، گروه تمرین تعلیقی TRX با شدت کم همراه با محدودیت جریان خون و گروه کنترل تقسیم شدند. تعداد نمونه بر اساس اندازه‌ی اثر برابر با ۰/۲۵ در مطالعات قبلی، توان برابر با ۰/۹۵ و سطح آلفای برابر با ۰/۰۵ با استفاده از نرم‌افزار G*power برآورد شد. آزمودنی ها ابتدا در جلسه‌ای توجیه ی به‌طور کامل با مراحل پژوهش آشنا شدند و سپس، پرسش‌نامه ی سلامتی و مشخصات فردی را تکمیل کردند و سوابق بیماری و دارویی آن‌ها بررسی شد. آزمودنی‌ها رضایت‌نامه ی کتبی را پس از مطالعه امضا کردند. هیچ‌یک از آزمودنی ها سابقه ی بیماری های مزمن نداشتند. برای اندازه گیری شاخص های خونی، ۴۸ ساعت قبل از اولین جلسه ی تمرینی، ۵ میلی لیتر خون در حالت ناشتا از ورید پیش بازویی گرفته شد. سپس، ۲۰ دقیقه با ۳۰۰۰ دور بر دقیقه سانترفیوژ شد و سرم جداسازی‌شده برای اندازه‌گیری مقادیر VEGF و HIF-۱ با استفاده از کیت‌های مخصوص الایزای Human VEGF و Human HIF-۱ ساخت شرکت Shanghai Crystal day از کشور چین به کار رفت. قبل از شروع پروتکل تمرین، در یک جلسه میزان ترکیب بدنی آزمودنی‌ها با استفاده از دستگاه INBODY3 ساخت کشور کره‌ی جنوبی اندازه گیری شد.

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2026-02-16]

[DOR: 20.1001.1.24236772.1403.10.2.3.2]

همچنین، قد (cm) و وزن (kg) به‌ترتیب به‌وسیله ی قدسنج و ترازوی دیجتال مدل SECA ساخت کشور آلمان اندازه‌گیری شد. دو گروه تمرینی تمرینات را به مدت ۸ هفته اجرا کردند. ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه ی تمرینی، از آزمودنی‌ها مانند پیش آزمون نمونه‌ی خونی گرفته شد و ترکیب بدنی دوباره اندازه‌گیری شد. تنها ۸ نفر در هر گروه توانستند به‌طور کامل معیارهای مطالعه‌ی حاضر را برآورده کنند.

معیارهای ورود به پژوهش شامل تأیید سلامت جسمانی توسط پزشک، نداشتن سابقه‌ی هیچ نوع بیماری قلبی و عروقی، متابولیکی، تخمدان پلی‌کیستیک و عدم مصرف داروهای ضدبارداری، عدم مصرف داروها و مکمل های ورزشی، نداشتن فعالیت مقاومتی اضافی علاوه بر واحدهای درسی، به‌ویژه تمرینات تعلیقی در مدت‌زمان پژوهش بود. معیارهای خروج از مطالعه شامل غیبت بیش از ۳ جلسه در تمرینات، آسیب دیدگی شدید و بیماری در طول تمرین، مصرف داروهای ضدبارداری و گزارش بی نظمی در دوره‌ی قاعدگی بود. افرادی که ملاک های ورود به طرح پژوهش را داشتند، با مجوز کتبی پزشک به پژوهش وارد شدند. آزمودنی‌ها اجازه داشتند در هر مرحله از پژوهش با رضایت شخصی انصراف دهند. کمیته ی اخلاق در پژوهش دانشگاه بر روند همه ی مراحل پژوهش نظارت داشت.

برنامه ی تمرین ورزشی

برنامه ی تمرینی شامل ۸ هفته تمرین و ۳ جلسه در هفته بود. کل زمان تمرین در هر جلسه حداکثر تا ۶۰ دقیقه بود. هر دو گروه تمرین به مدت ۲ هفته به‌منظور آشنا شدن با تمرینات تعلیقی و کسب آمادگی اولیه، تمرینات TRX با شدت کم را اجرا کردند. در ۶ هفته‌ی بعد، گروه اول، تمرین تعلیقی TRX با شدت زیاد را اجرا کرد و گروه دوم، تمرینات TRX با شدت کم و با محدودیت جریان خون کاربردی را اجرا کرد. تعداد جلسات، تعداد حرکات و مدت‌زمان اجرا در دو گروه با هم یکسان بود. فقط شدت تمرینات بین دو گروه متفاوت بود. گروه کنترل نیز فعالیت‌های روتین درسی و روزمره‌ی خود را انجام داد. تمامی تمرینات تعلیقی در دو گروه در اندام‌های پایین‌تنه اجرا شد. گرم کردن و سرد کردن به مدت ۱۰ دقیقه در ابتدا و انتهای جلسه انجام شد. جزئیات برنامه ی تمرین ورزشی استفاده‌شده در این مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است.

روش ایجاد محدودیت جریان خون

محدودیت جریان خون کاربردی در این مطالعه بر اساس روش استفاده‌شده در پژوهش ویلسون (Wilson) و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از زانوبند کشی در انتهای پروگزیمال ران اجرا شد. میزان

جدول ۱: برنامه‌ی تمرینی گروه‌های TRX با شدت زیاد و با شدت کم به همراه محدودیت جریان خون

تمرین	هفته	شدت تمرین	تعداد حرکت	مدت اجرا (ثانیه)	تعداد ست	نسبت فعالیت به استراحت
تمرین TRX با شدت زیاد	۱-۲	کم	۷	۲۰	۳	۱ به ۲
	۳-۴	زیاد	۷	۳۰	۳	۱ به ۲
	۵-۶	زیاد	۷	۴۰	۳	۱ به ۲
	۷-۸	زیاد	۷	۴۰	۴	۱ به ۲
تمرین TRX با شدت کم و محدودیت جریان خون	۱-۲	کم	۷	۲۰	۳	۱ به ۲
	۳-۴	کم	۷	۳۰	۳	۱ به ۲
	۵-۶	کم	۷	۴۰	۳	۱ به ۲
	۷-۸	کم	۷	۴۰	۴	۱ به ۲

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2026-02-16]

[DOR: 20.1001.1.24236772.1403.10.2.3.2]

سفتی بستن کش ها بر اساس مقیاس درد ادراکی، برابر با ۷ از ۱۰ بود تا محدودیت جریان خون اعمال شود [۱۷].

روش تعیین شدت تمرینات تعلیقی TRX

قبل از اجرای برنامه ی تمرینی، برای تعیین شدت تمرینات تعلیقی، از مقیاس درک فشار کار بورگ با رتبه‌بندی ۶ تا ۲۰ استفاده شد. برای تعیین شدت تمرینات TRX با شدت کم همراه با محدودیت جریان خون، از حرکات ساده و سبک استفاده شد. از آزمودنی‌ها خواسته شد که حرکت مدنظر را اجرا کند و بعد از اتمام حرکت، از آن‌ها پرسیده شد که از ۶ تا ۲۰ چه نمره‌ای به این حرکت می‌دهند و نمره‌ی فرد ثبت شد و میانگین نمراتی که آزمودنی‌ها برای هر حرکت انتخاب می‌کردند، شدت هر حرکت در نظر گرفته شد. همچنین، برای تعیین شدت تمرینات TRX با شدت زیاد از اشکال پیشرفته‌ی حرکات که شدت بالایی دارند، استفاده شد (جدول ۲).

روش های آماری

برای تعیین نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیروویلک استفاده شد و به‌منظور بررسی همگنی واریانس ها از آزمون لون استفاده شد. برای تعیین اثرات خالص مداخلات صورت‌گرفته

جدول ۲: شدت برآوردشده‌ی تمرینات تعلیقی با استفاده از مقیاس درک فشار کار بورگ (RPE)

میانگین RPE	حرکات با شدت پایین	میانگین RPE	حرکات با شدت پایین
۱۵/۳	لانژ متقاطع پشتی به لانژ جانبی	۶/۳	لانژ متقاطع پشتی
۱۸/۷	لانژ جانبی گهواره	۶/۵	اسکوات
۱۶/۲	اسکات تک‌پا	۹/۲	همسترینگ کرل
۱۷/۱	لانژ گهواره‌ای	۹/۲	لانژ تی‌آرایکس
۱۷/۳	امگا	۸/۱	دوچرخه‌سواری
۱۸/۶	همسترینگ کرل بالا	۷/۵	لانژ جانبی

و برای بررسی تفاوت‌های بین‌گروهی برای سه گروه مورد مطالعه از آزمون تحلیل کوواریانس (ANCOVA) استفاده شد و در صورت مشاهده‌ی تفاوت معنادار بین گروه ها، از آزمون تعقیبی بونفرونی به‌منظور مقایسه‌ی جفت‌گروه ها استفاده شد. تغییرات درون‌گروهی با آزمون t زوجی بررسی شد. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، از نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۲۴ در سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ برای تمام روش‌های آماری استفاده شد.

یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار متغیرهای پژوهش به‌تفکیک گروه ها در مراحل مختلف (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به جدول ۴، نتایج آزمون نشان می دهد که بعد از حذف اثر پیش‌آزمون، بین میانگین نمرات تعدیل‌شده و متغیرهای شاخص توده‌ی بدن (P=۰/۰۴۳) و درصد چربی بدن (P=۰/۳۱۹) در پس‌آزمون سه گروه تفاوت معنی داری وجود نداشت. تحلیل ها نشان داد که درصد توده‌ی عضلانی کل بدن در پس‌آزمون، بین سه گروه تفاوت معنی داری با هم داشت (P=۰/۰۱). برای مقایسه‌ی جفت‌گروه‌ها و تعیین برتری بین آن‌ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شدکه نتایج آن در جدول ۵ ارائه شده است. همچنین، نتایج آزمون تحلیل کوواریانس (جدول ۴) نشان داد که میزان کل آب بدن افراد سه گروه در پس‌آزمون، تفاوت معنی داری با هم ندارد (P=۰/۴۵).

با توجه به جدول ۴، نتایج آزمون نشان داد که میانگین نمرات تعدیل‌شده‌ی متغیر VEGF در پس‌آزمون سه گروه تفاوت معنی داری با هم دارد (P=۰/۰۰۱). همچنین، نتایج نشان داد که متغیر HIF-۱ در پس‌آزمون سه گروه تفاوت معنی داری با هم دارد (P=۰/۰۰۱). برای مقایسه‌ی جفت‌گروه‌ها و تعیین برتری بین آن‌ها، از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2026-02-16]

[DOR: 20.1001.1.24236772.1403.10.2.3.2]

جدول ۳: میانگین و انحراف معیار پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیرهای پژوهش

متغیرها	گروه کنترل (میانگین± انحراف معیار)			تمرینات TRX با شدت کم و محدودیت جریان خون (میانگین± انحراف معیار)			تمرینات TRX با شدت زیاد (میانگین± انحراف معیار)		
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	مقادیر *P*	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	مقادیر *P*	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	مقادیر *P*
VEGF (ng/ml)	۲۴۴/۲۵±۷/۸۳	۲۵۲/۲۵±۱۲/۲۰	۰/۶۴	۲۵۰/۶۲±۹/۵۲	۲۷۵/۳۷±۱۰/۷۴	۰/۰۰۱	۲۵۴/۵۰±۱۰/۶۸	۲۶۷/۳۷±۱۲/۶۶	۰/۰۰۱
HIF-۱ (ng/ml)	۴/۰۰ ± ۳۵/۱۶	۴/۳۶±۰/۲۷	۰/۸۷	۴/۳۲±۰/۱۵	۴/۹۹±۰/۰۵	۰/۰۰۱	۴/۲۷±۰/۲۵	۴/۷۲±۰/۱۵	۰/۰۰۱
شاخص توده بدنی (Kg/m^2)	۲۱/۸۹±۱/۹۴	۲۱/۱۸±۲/۸۲	۰/۷۶	۲۲/۳۶±۳/۵۷	۲۲/۳±۹۵/۰۵	۰/۲۷	۲۲/۴۱±۲/۱۱	۲۲/۵۰±۲/۱۳	۰/۶۱
درصد چربی بدن (٪)	۲۵/۰۴±۴۹/۸	۲۵/۳۸±۷/۰۴	۰/۷۶	۲۴/۲۹±۶/۳۰	۲۲/۸۰±۶/۳۵	۰/۰۱۵	۲۳/۹۸±۶/۲۸	۲۳/۵±۶۷/۰۷	۰/۲۹
توده عضلانی (٪)	۳۹/۲۵±۸۶/۴	۳۹/۵±۹۵/۰۰	۰/۶۶	۳۶/۱۲±۵/۹۹	۴۱/۴±۷۲/۰۰	۰/۰۱۴	۴۱/۷۵±۴/۰۶	۴۳/۲۵±۴/۳۳	۰/۰۰۳
آب بدن (لیتر)	۲۹/۰۰±۴۵/۲	۲۸/۷۵±۳/۹۲	۰/۶۸	۲۸/۷۵±۵/۲۳	۲۸/۷۵±۵/۰۰	۰/۹۹	۳۰/۵۰±۲/۸۷	۳۱/۶۲±۳/۲۰	۰/۰۵۲

کردیم که نتایج آن در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی به دنبال معنادار بودن تحلیل

جدول ۴: نتایج آزمون تحلیل کوواریانس متغیرهای پژوهش

متغیرها		میانگین مربعات	F	Sig
VEGF	پیش‌آزمون	۱۰۸۵/۰۰	۱۱/۵۰	۰/۰۰۳
	گروه	۱۳۱۹/۱۱	۱۳۱۹/۱۱	۰/۰۰۱
	خطا	۹۴/۳۱		
HIF-۱	پیش‌آزمون	۰/۰۴	۱/۲۷	۰/۲۷
	گروه	۰/۷۹	۲۵/۰۸	۰/۰۰۱
	خطا	۰/۰۳		
شاخص توده‌ی بدنی	پیش‌آزمون	۱۵۶/۸۰	۴۱۸/۹۱	۰/۰۰۱
	گروه	۰/۳۲	۰/۸۸	۰/۴۳
	خطا	۰/۳۷		
درصد چربی بدن	پیش‌آزمون	۷۳۹/۱۱	۱۲۷/۶۰	۰/۰۰۱
	گروه	۷/۰۰	۱/۲۱	۰/۳۱۹
	خطا	۵/۷۹		
توده‌ی عضلانی کل بدن	پیش‌آزمون	۳۹۵/۲۴	۵۶/۳۶	۰/۰۰۱
	گروه	۴۱/۱۱	۵/۸۶	۰/۰۱
	خطا	۷/۰۱		
مقدار آب بدن	پیش‌آزمون	۴۷/۷۶	۳/۱۱	۰/۰۹
	گروه	۱۲/۵۳	۰/۸۱	۰/۴۵
	خطا	۱۵/۳۵		

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2026-02-16]

[DOR: 20.1001.1.24236772.1403.10.2.3.2]

کوواریانس در بین متغیرها نشان داد که توده‌ی عضلانی بدن در گروه تمرین TRX با محدودیت جریان خون تغییر معناداری نسبت به گروه کنترل دارد (P=۰/۰۰۸)، اما در مقایسه‌ی بین‌گروهی، تفاوت معنی‌داری بین دو گروه تمرین تعلیقی وجود نداشت (P=۰/۲۷۹). همچنین، فاکتور VEGF در هر دو گروه تمرینی نسبت به گروه کنترل افزایش معناداری داشت (۰/۰۰۱ و P=۰/۰۱۸)، اما در مقایسه‌ی بین دو گروه تمرینی، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (P=۰/۱۱۴). نتایج نشان دادند که متغیر HIF-۱ در هر دو گروه تمرینی نسبت به گروه کنترل افزایش معناداری دارد (P=۰/۰۰۱) و (P=۰/۰۰۲). همچنین، در مقایسه‌ی بین دو گروه تمرینی، تفاوت معنی‌داری بین گروه تمرین TRX با محدودیت جریان خون (P=۰/۱۱۴) و گروه تمرین TRX با شدت زیاد (P=۰/۱۱۴) مشاهده شد که نشان‌دهنده‌ی تأثیر بیشتر تمرین TRX با شدت کم و محدودیت جریان خون نسبت به سایر گروه هاست.

نتایج تغییرات درون‌گروهی در جدول ۳ نشان داد که هر دو تمرین تعلیقی باعث بهبود معنی دار VEGF، HIF-۱ و توده‌ی عضلانی بدن نسبت به پیش‌آزمون شده‌اند. تنها تمرین تعلیقی با شدت کم درصد چربی بدن را نسبت به پیش‌آزمون کاهش معنی داری داده بود.آب بدن و شاخص توده‌ی بدنی تغییر معنی‌داری نسبت به پیش‌آزمون در هیچ‌یک از گروه ها نداشت.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هر دو تمرین تعلیقی TRX با شدت کم به همراه محدودیت جریان خون و تمرین TRX با شدت زیاد نسبت به گروه کنترل افزایش معنی داری در سطوح VEGF، HIF-۱ و بهبود توده‌ی عضلانی بدن دختران فعال ایجاد کرده است. همچنین، تمرین TRX با شدت کم و محدودیت جریان خون افزایش معنیداری نسبت به تمرین TRX با شدت زیاد در میزان HIF-۱ نشان داد. تمرینات تعلیقی TRX با محدودسازی جریان خون نسبت به تمرینات تعلیقی TRX با شدت زیاد، افزایش بیشتری در میزان غلظت VEGF نشان داد، اما این افزایش بین دو گروه از لحاظ آماری، معنی دار نبود. نتایج مطالعه‌ی حاضر با یافته‌های واهل (Wahl) و همکاران (۲۰۱۱)، شیمیزو و همکاران (۲۰۱۶)، اکبرنژاد و همکاران (۱۳۹۷) و نادری بلداجی (۲۰۱۸) که افزایش سطوح VEGF پس از تمرین را نشان دادند، همسو بود [۱۰, ۱۱, ۱۹, ۱۸]. نتایج مطالعه‌ی ولگا فرناندز (Volga Fernandes) و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که ۸ هفته تمرینات مقاومتی با شدت کم و همراه با محدودیت جریان خون باعث افزایش بیان ژن VEGF نسبت به تمرین مقاومتی با شدت کم و بدون محدودیت در مردان فعال می‌شود [۲۰]. طی تمرین ورزشی، با کاهش سطوح گلیکوژن عضلانی، AMPK فسفریله و فعال می‌شود و از طریق

جدول ۵: نتایج آزمون بونفرونی برای مقایسه‌ی جفت‌گروه‌ها

متغیرها	گروه ۱ با گروه ۲		گروه ۱ با گروه ۳		گروه ۲ با گروه ۳	
	اختلاف میانگین	P	اختلاف میانگین	P	اختلاف میانگین	P
توده‌ی عضلانی بدن (٪)	۴/۶۹۴	٭ ۰/۰۰۸	۲/۰۹۵	۰/۴۱۳	۲/۵۹۹	۰/۲۷۹
VEGF (ng/ml)	۲۵/۸۹۳	٭ ۰/۰۰۱	۱۴/۹۳۴	# ۰/۰۱۸	۱۰/۹۵۸	۰/۱۱۴
HIF-۱ (ng/ml)	۰/۶۲۸	٭ ۰/۰۰۱	۰/۳۷۴	# ۰/۰۰۲	۰/۲۵۴	٭ ۰/۰۳۱

کنترل = گروه ۱، تمرین TRX با شدت کم و محدودیت جریان خون = گروه ۲، تمرین TRX با شدت زیاد = گروه ۳

٭ نشان‌دهنده‌ی تفاوت معنادار نسبت به گروه تمرین تعلیقی TRX با شدت کم و محدودیت جریان خون است.

 # نشان‌دهنده‌ی تفاوت معنادار نسبت به گروه تمرین تعلیقی TRX با شدت زیاد است.

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2026-02-16]

[DOR: 20.1001.1.24236772.1403.10.2.3.2]

افزایش PGC۱a، سبب افزایش بیان ژن عامل رشد اندوتلیال می‌شود [۲۱]. تنظیم بیان VEGF در پاسخ به هیپوکسی تا حدود زیادی از طریق فاکتور القاشونده با هیپوکسی (HIF-۱α) تنظیم می‌شود. ژن VEGF شامل یک توالی نظارتی بالادست است که بیان آن را تنظیم می‌کند و هنگامی که با HIF-۱α باند می‌شود، رونویسی آن افزایش می‌یابد. در شرایط عادی که اکسیژن اطراف سلول وجود دارد، HIF-۱α هیدروکسیله می‌شود و در کمتر از ۵ دقیقه تجزیه می‌شود. بااین‌حال، تحت شرایط هیپوکسی، HIF-۱α پایدار است و به هسته مهاجرت می‌کند و محرکی مهم برای بیان VEGF و بیش از ۱۰۰ ژن هدف دیگر درگیر در فرایندهای رگ زایی، گلبول‌سازی و متابولیسم گلوکز می‌شود [۲۲]. از طرفی، شواهد نشان می‌دهد که استرس برشی و هیپوکسی موضعی واردشده به دیواره‌ی عروق مهم‌ترین محرک ورزش همراه با محدودیت جریان است که باعث افزایش بیان ژن و پروتئین‌های فاکتورهای آنژیوژنزی می‌شود [۲۳, ۲۰] . در مقابل، جو (Gu) و همکاران (۲۰۰۴)، کراس (Kraus) و همکاران (۲۰۰۴) و بهجتی و همکاران (۱۳۹۴) کاهش سطوح VEGF پس از تمرین ورزشی را گزارش کرده اند که با یافته‌های مطالعه‌ی حاضر ناهمسوست [۲۶-۲۴]. دلایل ناهمسو بودن نتایج این مطالعات با مطالعه‌ی حاضر، احتمالاً نوع و شدت تمرینات استفاده‌شده (تمرینات هوازی با تردمیل یا وزنه‌ی تمرینی در مقابل تمرینات تعلیقی)، سن آزمودنی‌ها (افراد مسن در مقابل افراد جوان)، وضعیت آمادگی جسمانی و آنتروپومتریکی (مردان ورزش‌کار استقامتی یا سالمندان در مقابل دختران فعال) و همچنین، شرایط هیپوکسی ایجادشده‌ی بیشتر با محدودیت جریان خون (استفاده از کاف در مقابل باند کشی) در مطالعه‌ی حاضر است.

دیگر نتیجه‌ی این مطالعه نشان داد که ۸ هفته تمرینات تعلیقی TRX با شدت کم به همراه محدودسازی جریان خون باعث افزایش معنی‌داری در میزان غلظت HIF-۱ نسبت به گروه تمرینات TRX با شدت زیاد و گروه کنترل در دختران فعال دانشجو شده است. این یافته از پژوهش با نتایج تحقیق ولگا فرناندز (۲۰۲۲) و همکاران (۲۰۲۲) و لارکین (Larkin) و همکاران (۲۰۱۲) همسو بود و با نتایج تحقیق آملن (Ameln) و همکاران (۲۰۰۵) و دراموند (Drummond) و همکاران (۲۰۰۸) ناهمسو بود [۲۰، ۲۹-۲۷]. لارکین و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که تمرینات محدودیت جریان خون همراه با تمرینات مقاومتی کم‌شدت باعث افزایش بیان ژن HIF-۱α می‌شود [۲۷]. تفاوت پژوهش حاضر با تحقیق لارکین و همکاران (۲۰۱۲) در جنس آزمودنی‌ها، نوع و ماهیت تمرینات (تمرینات با وزنه در مقابل تمرینات TRX) و سطح فعالیت آزمودنی‌ها بود. استفاده از تمرینات محدودیت جریان خون در طی ورزش، جریان خون وریدی را مسدود می‌کند که به‌طور بالقوه، به هیپوکسی حاد بافت منجر می‌شود [۲۱]. فشار اکسیژن پایین محرک‌ی قوی برای فعال‌سازی HIF در استئوبلاست‌هاست که به افزایش بیان VEGF و در پی آن، تشکیل عروق خونی کوچک (رگ‌زایی) منجر می‌شود؛ چنان‌که رابطه‌ای زمانی و مکانی بین رشد عروق خونی و رسوب ماتریکس استخوانی جدید از طریق مسیر HIF-VEGFدر مدل استخوان‌سازی موش‌ها مشاهده شده است [۳۰]. در این مدل، رسوب استخوان، تعداد رگ‌ها و زمان درمان به‌طور درخور توجهی تحت تأثیر مهار گیرنده‌های VEGF1 و VEGF2 بود که به کاهش تشکیل استخوان و رگ‌های خونی منجر شد و به‌طور متناوب با افزایش بیان VEGF/ HIF ۱α، به افزایش رسوب استخوان و تعداد عروق خونی انجامید [۳۲, ۳۱].

تمرینات تعلیقی TRX به مدت ۸ هفته با محدودسازی جریان خون تأثیر معنی‌داری بر BMI، درصد چربی بدن و میزان کل آب بدن دختران فعال دانشجو نداشت. همسو با نتایج مطالعه‌ی حاضر، مطالعه‌ی محمدیان و همکاران (۱۴۰۰)، فرزانه حصاری و همکاران (۲۰۱۸) و سیلوا (Silva) و همکاران (۲۰۱۸) عدم تغییر در شاخص‌های BMI و درصد چربی بدن را با تمرینات مقاومتی به همراه محدودیت جریان خون در جمعیت‌های مختلف نشان داده اند

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2026-02-16]

[DOR: 20.1001.1.24236772.1403.10.2.3.2]

[۳۵-۳۳]. از طرفی، در تقابل با نتایج مطالعه‌ی حاضر، مطالعه‌ی کامپا (Campa) و همکاران (۲۰۲۱) که تأثیر ۱۲ هفته تمرینات تعلیقی TRX را نسبت به تمرینات مقاومتی سنتی در افراد مسن بررسی کرده بودند، بهبود در شاخص‌های ترکیبی بدنی مانند BMI، درصد چربی و آب بدن را نسبت به تمرینات مقاومتی سنتی و کنترل نشان داد [۱۳]. همچنین، سون (Sun) و همکاران (۲۰۲۲) در یک مطالعه‌ی مروری و متاآنالیز نشان دادند که تمرینات با محدودیت جریان خون باعث بهبود BMI و درصد چربی در افراد دارای اضافه‌وزن یا چاق می شود [۳۶]. به نظر می‌رسد که دلایل اصلی عدم تغییرات در درصد چربی بدن، وزن بدن و آب بدن در مطالعه‌ی حاضر، داشتن وزن نرمال و سابقه‌ی قبلی تمرین و فعال بودن آزمودنی ها نسبت به آزمودنی های مطالعات دیگر بود که اغلب چاق یا مسن بودند یا اضافه‌وزن داشتند. دلیل احتمالی دیگر عدم ناهمسویی نتایج ممکن است مدت کم دوره‌ی تمرینات در مطالعه‌ی حاضر (۸ هفته در مقابل ۱۲ هفته) نسبت به برخی از مطالعات پیشین باشد.

از دیگر نتایج مطالعه‌ی حاضر افزایش معنی‌دار توده‌ی عضلانی کل بدن بعد از ۸ هفته تمرینات تعلیقی TRX با شدت کم و محدودسازی جریان خون و تمرینات تعلیقی با شدت بالا در دختران فعال دانشجو بود. اغلب مطالعات انجام‌شده همسو با مطالعه‌ی حاضر، بهبود توده‌ی عضلانی را همراه با تمرینات مقاومتی با شدت کم و محدودیت جریان خون یا تمرینات تعلیقی به‌تنهایی نشان داده اند [۱۳, ۳۴-۳۶]. نتایج تحقیقات درباره‌ی تمرینات قدرتی نشان می‌دهد که تمرینات مقاومتی با شدت بالا باعث افزایش توده‌ی عضلانی می‌شود، اما این تمرینات با بارهای سنگین ممکن است برای برخی از گروه‌های سنی مانند سالمندان، افراد کم‌سن‌وسال، افرادی که تازه از بند آسیب رهایی پیدا کرده‌اند یا افرادی که مشکلات قلبی و تنفسی دارند، مناسب نباشد. از این نظر، در این پژوهش، به دنبال ارائه‌ی روشی جایگزین برای تمرینات مقاومتی با شدت بالا هستیم که همان اثرات را داشته باشد. از مکانسیم‌های مؤثر در افزایش توده‌ی عضلانی پس از تمرین مقاومتی کم‌شدت با محدودیت جریان خون می‌توان به افزایش در غلظت لاکتات، هورمون رشد و فسفات آلی اشاره کرد. همچنین، افزایش تحویل خون به بافت‌های عضلانی بلافاصله بعد از تمرین با محدودیت جریان خون می‌تواند در افزایش توده‌ی عضلانی مؤثر باشد. علاوه بر این، تمرین محدودیت جریان خون باعث افزایش ظرفیت فیلتراسیون مویرگی می‌شود که می‌تواند به افزایش توده‌ی عضلانی منجر شود [۷, ۳۶, ۳۷].

از محدودیت های مطالعه‌ی حاضر می توان به تعداد کم آزمودنی ها، عدم کنترل شرایط تغذی های، مدت‌زمان کوتاه دوره‌ی تمرینی و نداشتن ابزار خیلی دقیق برای اندازه گیری ترکیب بدنی اشاره کرد.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که ۸ هفته تمرین تعلیقی کم‌شدت با محدودیت جریان خون و تمرینات تعلیقی با شدت زیاد و بدون محدودیت جریان خون می تواند باعث بهبود VEGF، HIF-۱ و توده‌ی عضلانی کل بدن در دختران فعال دانشگاهی شود. بااین‌حال، تمرینات تعلیقی با شدت کم تأثیر افزایشی معناداری در سطوح سرمی HIF-۱ نسبت به تمرینات تعلیقی با شدت زیاد و بدون محدودیت جریان خون داشت. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش می‌توان بیان کرد که تمرینات تعلیقی کم‌شدت با محدودیت جریان خون با ایجاد سازوکارهای درون و برون‌سلولی مشابه و در برخی موارد بهتر از تمرینات تعلیقی با شدت زیاد، سبب بهبود فاکتورهای رگ‌زایی و توده‌ی عضلانی می‌شود که می‌تواند روش تمرینی خوبی برای بهبود عوامل رگ‌زایی و ترکیب بدنی در دختران باشد.

قدردانی

از تمامی شرکت‌کنندگان و افرادی که در انجام این مطالعه ما را یاری کردند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم. کد IR.URMIA.REC.1399.009 از کمیته‌ی اخلاق دانشگاه اخذ شد.

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2026-02-16]

[DOR: 20.1001.1.24236772.1403.10.2.3.2]

تصاد در منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارد.

References

1. Byrne JM, Bishop NS, Caines AM, Crane KA, Feaver AM, Pearcey GEP. Effect of Using a Suspension Training System on Muscle Activation During the Performance of a Front Plank Exercise. The Journal of Strength & Conditioning Research 2014; 28(11): 3049-55.
2. Behm DG, Anderson KG. The role of instability with resistance training. J Strength Cond Res 2006; 20(3): 716-22.
3. Dannelly BD, Otey SC, Croy T, Harrison B, Rynders CA, Hertel JN, et al. The effectiveness of traditional and sling exercise strength training in women. J Strength Cond Res 2011; 25(2): 464-71.
4. Gaedtke A, Morat T. TRX Suspension Training: A New Functional Training Approach for Older Adults - Development, Training Control and Feasibility. Int J Exerc Sci 2015; 8(3): 224-33.
5. Angleri V, Soligon SD, Da Silva DG, Bergamasco JGA, Libardi CA. Suspension Training: A New Approach to Improve Muscle Strength, Mass, and Functional Performances in Older Adults? Front Physiol 2019; 10: 1576.
6. Karabulut M, Abe T, Sato Y, Bemben MG. The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. Eur J Appl Physiol 2010; 108(1): 147-55.
7. Li S, Wang P, Xin X, Zhou X, Wang J, Zhao J, et al. The Effect of Low Intensity Resistance Training with Blood Flow Restriction on Fall Resistance in Middle-Aged and Older Adults: A Meta-Analysis. Int J Environ Res Public Health 2023; 20(6).
8. Ohno H, Shirato K, Sakurai T, Ogasawara J, Sumitani Y, Sato S, et al. Effect of exercise on HIF-1 and VEGF signaling. The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine 2012; 1(1): 5-16.
9. Ghahramani M, Razavi Majd Z. The Effect of Physical Activity on VEGF and HIF-1 Signaling. J Clin Res Paramed Sci 2020; 9(2): e98493.
10. Shimizu R, Hotta K, Yamamoto S, Matsumoto T, Kamiya K, Kato M, et al. Low-intensity resistance training with blood flow restriction improves vascular endothelial function and peripheral blood circulation in healthy elderly people. Eur J Appl Physiol 2016; 116(4): 749-57.
11. Naderi-Boldaji V, Joukar S, Noorafshan A, Raji-Amirhasani A, Naderi-Boldaji S, Bejeshk MA. The effect of blood flow restriction along with low-intensity exercise on cardiac structure and function in aging rat: Role of angiogenesis. Life sciences 2018; 209: 202-9.
12. Kullman EL, Saylor SM, Little KD. Efficacy of whole-body suspension training on enhancing functional movement abilities following a supervised or home-based training program. The Journal of sports medicine and physical fitness 2020; 60(2): 244-50.
13. Campa F, Schoenfeld BJ, Marini E, Stagi S, Mauro M, Toselli S. Effects of a 12-Week Suspension versus Traditional Resistance Training Program on Body Composition, Bioimpedance Vector Patterns, and Handgrip Strength in Older Men: A Randomized Controlled Trial. Nutrients 2021;13(7) :2267.
14. Gianni-Barrera R, Trani M, Fontanellaz C, Heberer M, Djonov V, Hlushchuk R, et al. VEGF over-expression in skeletal muscle induces angiogenesis by intussusception rather than sprouting. Angiogenesis 2013; 16(1): 123-36.
15. Miyazawa-Hoshimoto S, Takahashi K, Bujo H, Hashimoto N, Yagui K, Saito Y. Roles of degree of fat deposition and its localization on VEGF expression in adipocytes. American journal of physiology. Endocrinology and Metabolism 2005; 288(6): E1128-36.
16. Hoier B, Hellsten Y. Exercise-Induced Capillary Growth in Human Skeletal Muscle and the Dynamics of VEGF. Microcirculation 2014; 21(4): 301-14.
17. Wilson JM, Lowery RP, Joy JM, Loenneke JP, Naimo MA. Practical blood flow restriction training increases acute determinants of hypertrophy without increasing indices of muscle damage. J Strength Cond Res 2013;

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2026-02-16]

[DOR: 20.1001.1.24236772.1403.10.2.3.2]

27(11): 3068-75.
18. Wahl P, Zinner C, Achtzehn S, Behringer M, Bloch W, Mester J. Effects of acid-base balance and high or low intensity exercise on VEGF and bFGF. European journal of applied physiology 2011; 111(7): 1405-13.
19. Akbarnejad A, Yari M, Mohamadi M, Rajabi A. Comparison of the Low-Intensity Resistance Exercise with Blood Flow Restriction and High Intensity Resistance Exercise on Serum Levels of VEGF-A In Adolescent Athletes. Journal of Applied Exercise Physiology 2018; 14(27): 99-110 (Persian).
20. Volga Fernandes R, Tricoli V, Garcia Soares A, Haruka Miyabara E, Saldanha Aoki M, Laurentino G. Low-Load Resistance Exercise with Blood Flow Restriction Increases Hypoxia-Induced Angiogenic Genes Expression. J Hum Kinet 2022; 84: 82-91.
21. Lundby C, Calbet JA, Robach P. The response of human skeletal muscle tissue to hypoxia. Cell Mol Life Sci 2009; 66(22): 3615-23.
22. Morici G, Bonanno A, Licciardi A, Valli G, Passino C, Bonardi D, et al. Plasma leptin and vascular endothelial growth factor (VEGF) in normal subjects at high altitude (5050 m). Archives of Physiology and Biochemistry 2013; 119(5): 219-24.
23. Ferguson RA, Hunt JEA, Lewis MP, Martin NRW, Player DJ, Stangier C, et al. The acute angiogenic signalling response to low-load resistance exercise with blood flow restriction. European journal of sport science 2018; 18(3): 397-406.
24. Gu JW, Gadonski G, Wang J, Makey I, Adair TH. Exercise increases endostatin in circulation of healthy volunteers. BMC Physiol 2004; 4: 2.
25. Kraus RM, Stallings III HW, Yeager RC, Gavin TP. Circulating plasma VEGF response to exercise in sedentary and endurance-trained men. Journal of applied physiology 2004; 96(4): 1445-50.
26. Behjati Ardakani A, Qassemian A, Koushki M, Shakour E, Mehrez A. The Effect of a Resistance Training Course on Blood Pressure and Nitric Oxide Levels in Elderly Women. Salmand: Iranian Journal of Ageing 2018; 13(1): 16-27 (Persian).
27. Larkin KA, Macneil RG, Dirain M, Sandesara B, Manini TM, Buford TW. Blood flow restriction enhances post-resistance exercise angiogenic gene expression. Med Sci Sports Exerc 2012; 44(11): 2077-83.
28. Ameln H, Gustafsson T, Sundberg CJ, Okamoto K, Jansson E, Poellinger L, Makino Y. Physiological activation of hypoxia inducible factor-1 in human skeletal muscle. The FASEB journal2005; 19(8): 1009-11.
29. Drummond MJ, Fujita S, Abe T, Dreyer HC, Volpi E, Rasmussen BB. Human muscle gene expression following resistance exercise and blood flow restriction. Med Sci Sports Exerc 2008; 40(4): 691-8.
30. Schipani E, Maes C, Carmeliet G, Semenza GL. Regulation of osteogenesis-angiogenesis coupling by HIFs and VEGF. J Bone Miner Res 2009; 24(8): 1347-53.
31. Jacobsen KA, Al-Aql ZS, Wan C, Fitch JL, Stapleton SN, Mason ZD, Cole RM, Gilbert SR, Clemens TL, Morgan EF, Einhorn TA. Bone formation during distraction osteogenesis is dependent on both VEGFR1 and VEGFR2 signaling. Journal of Bone and Mineral Research 2008; 23(5): 596-609.
32. von Stengel S, Kemmler W, Kalender WA, Engelke K, Lauber D. Differential effects of strength versus power training on bone mineral density in postmenopausal women: a 2-year longitudinal study. Br J Sports Med 2007; 41(10): 649-55
33. Mohammadiyan M, Ghahremani Moghaddam M, Hakkakdokht E. The effect of two different intensities of resistance training with blood flow restriction on muscle strength, body fat percentage and serum level of Irisin in overweight women. The Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility 2021; 24(3): 42-50 (Persian)
34. Silva M, Pereira P, Geraldes A, Farias R, Santos J, Cirilo-Sousa M. Effects of resistance training with blood flow restriction on the body composition of postmenopausal women. Int Phys Med Rehab J 2018; 3(3): 195-8.
35. Farzaneh Hesari A, Ebrahimi A, Azizi Zanjani M, Mahdavi S. Effects of Resistance Training with and without Blood Flow Restriction on Cardiovascular Risk Factors in Overweight Females. Medical Laboratory Journal 2018; 12(1): 31-6.
36. Su Y, Wang F, Wang M, He S, Yang X, Luan Z. Effects of blood flow restriction training on muscle fitness and cardiovascular risk of obese college students. Frontiers in Physiology 2024; 14: 1252052.
37. Yinghao L, Jing Y, Yongqi W, Jianming Z, Zeng G, Yiting T, et al. Effects of a blood flow restriction exercise under different pressures on testosterone, growth hormone, and insulin-like growth factor levels. J Int Med Res 2021; 49(9): 3000605211039564.

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2026-02-16]

[DOR: 20.1001.1.24236772.1403.10.2.3.2]