مطالعهٔ تأثیر تمرین شدید تناوبی رکاب‌زدن همراه با محدودیت جریان خون بر عملکرد هوازی و بی‌هوازی مردان جوان فعال

حمید رجبی[۱]، پژمان معتمدی[۲]، داود ذبیحی[۳*]

۱. دانشیار، فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی

۲. استادیار، فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی

۳. کارشناس ارشد، فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۳/۲۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۱۳ شماره صفحات: **۱۱ تا ۲۱**

چکیده

هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر تمرین تناوبی شدید همراه با محدودیت جریان خون بر عملکرد هوازی و بیهوازی مردان جوان فعال است. به‌این‌منظور، ۲۴ نفر از دانشجویان رشتهٔ تربیت بدنی ۲۳-۱۹ ساله دانشگاه خوارزمی (میانگین وزن ۶±۶۷/۸ کیلوگرم، قد ۵/۴±۱۷۳/۹ سانتی‌متر و شاخص توده بدنی ۶/۸۴±۲۲/۷) به سه گروه تمرین تناوبی شدید همراه با محدودیت جریان خون، تمرین تناوبی شدید بدون محدودیت جریان خون، و گروه گواه تقسیم شدند. پروتکل تمرینی شامل دو هفته تمرین رکاب‌زدن هر هفته شش جلسه و هر جلسه ده مرحلهٔ یک‌دقیقه‌ای، با شدت ۸۵-۸۰ درصد W_{max} بود که بین هر مرحله، دو دقیقه ریکاوری فعال با شدت ۵۰ درصد W_{max} صورت گرفت (مجموع زمان تمرین اصلی در هر جلسه ۳۰ دقیقه بود). پیش و پس از دورهٔ تمرین، پروتکل آزمون آستراند برای بررسی عملکرد هوازی و آزمون وینگیت برای بررسی عملکرد بی‌هوازی اجرا شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون تی وابسته، آزمون تحلیل واریانس یک‌سویه و آزمون تعقیبی ال.اس.دی استفاده شد. نتایج نشان‌دهندهٔ تفاوت معنی‌دار در عملکرد هوازی گروه‌های تمرینی نسبت به گروه گواه ($p=۰/۰۰۰$ VO_{2max}، $p=۰/۰۰۰$ W_{max}، $p=۰/۰۰۱$ زمان رسیدن به خستگی) بود. دیگر یافتهٔ پژوهش، گویای افزایش معنادار مؤلفه‌های عملکرد هوازی در گروه تمرین همراه با محدودیت جریان خون نسبت به گروه تمرین بدون محدودیت جریان خون بود، اما، تفاوت معناداری در عملکرد بی‌هوازی بین هیچ‌یک از گروه‌ها ($p=۰/۰۶۴$ اوج توان بی‌هوازی، $p=۰/۰۵۸$ میانگین توان بی‌هوازی، $p=۰/۸۲۶$ حداقل توان بی‌هوازی) مشاهده نشد. به‌طورکلی، نتایج نشان داد اعمال محدودیت جزئی بر جریان خون حین تمرین تناوبی رکاب‌زدن، بر سازگاری هوازی در یک دورهٔ کوتاه اثر معنی‌داری دارد، اما بر عملکرد بی‌هوازی بی‌تأثیر است.

کلیدواژه‌ها: تمرین تناوبی شدید، محدودیت جریان خون، عملکرد هوازی، عملکرد بی‌هوازی.

The effect of twelve session of high intensity cycle training with blood flow restriction on aerobic and anaerobic performance of active men

Rajabi, H[1]., Motamedi, P[2]., Zabihi, D[3].

1. Associate Professor, Sport Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences,Kharazmi University, Iran
2. Assistant Professor, Sport Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Iran
3. Master of Science, Sport Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Iran

Abstract

The purpos of this study was to determine the effect of twelve session of high intensity cycle training with blood flow restriction on aerobic and anaerobic performance of active student men. To this purpose, 24 valentear active students men from physical eduction faculty of kharazmi university aged 19-23 years old, students (mean ± SD weight: 67.89±6 kg, height: 173.92±5.41cm, and BMI: 22.7±6.84kg/m2) divided into three groups of blood flow restriction (BFR) (n=8), none blood flow restriction(NBFR) (n=8) and control group (n=8). The exercise consisted of cycling at 80% Wmax for ten 1-min bouts, with a 2-min rest between bouts with 50% Wmax (total time, 30 min). Before and after implementation of the training protocol, Astrand Test to check the aerobic performance and Wingate test to check anaerobic performance was conducted. To data analysis, the independent t-test, analysis of variance test and post hoc test (LSD) was used. Results indicated that two weeks of high intensity cycling with and without blood flow restriction does have a significant impact on VO2max(p=0.000) and Wmax(p=0.000) and time to exhaustion (p=0.001). The results indicate a further increase in aerobic performance components, in exercise with blood flow restriction training group compared to the unrestricted blood flow training group. The results olso indicated that tow weeks of cycle training with occlusion does not have a significant impact on peak anaerobic power(p=0.064), average anaerobic power(p=0.058) and minimum anaerobic power(p=0.826). In general, the results showed a partial restriction of blood during cycling interval training have affect on aerobic adaptations, but does not affect on anaerobic adaptations.

Keywords: Interval Training, Kaatsu, Aerobic Capacity, Anaerobic Power.

*. davoudzabihi@yahoo.com

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.8.9]

[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.11]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.8.9]

[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.11]

مقدمه

سازگاری‌های جسمانی ورزشکاران با نوع، ساختار و ویژگی‌های برنامه‌های تمرینی هم‌خوانی دارد (۱). تنظیم برنامه‌های تمرینی و استفاده از روش‌های مختلف، در کنار بهره‌گیری از اصول تمرینی همچون اصل اضافه‌بار، مقاومت فزاینده، تنوع تمرینی، تفاوت‌های فردی و... برای هر ورزشکار در هر سطحی ضروری است و ورزشکار را به لحاظ جسمانی و بیولوژیکی سازگار می‌کند؛ برای مثال، یک برنامهٔ تمرینی استقامتی باعث ایجاد سازگاری‌هایی در سوخت‌وساز هوازی عضله (تغییر در آنزیم‌های هوازی و VO_{2max}[1]) و بهبود عملکرد استقامتی خواهد شد، درحالی‌که تمرین‌های سرعتی میزان منابع انرژی و فعالیت آنزیم‌های مرتبط با سوخت‌وساز بی‌هوازی را افزایش خواهد داد. این سازگاری‌ها گاه با انجام تمرینات استقامتی تداومی در مرحلهٔ اول آماده‌سازی و ادامهٔ تمرینات با روش بی‌هوازی در مرحلهٔ بعدی به‌دست خواهد آمد که معمولاً به هشت هفته زمان نیاز دارد. بااین‌حال در اغلب موارد، هدف از آماده‌سازی ورزشکاران بهبود هم‌زمان شاخص‌های هوازی و بی‌هوازی است. همچنین، گاهی ورزشکاران به یک برنامهٔ تمرینی نیاز دارند که زمان رسیدن آنها را به آمادگی مطلوب کاهش دهد. چنین برنامه‌ای به‌طور خاص بعد از یک دورهٔ بدون تمرین ناشی از مصدومیت، بیماری و مشکلات شخصی، نمود بیشتری پیدا خواهد کرد (۲)؛ از این‌رو سودمندی تمرین تناوبی شدید (HIIT)[2] از طریق بهبود ظرفیت هوازی و کاهش کل زمان رسیدن به سازگاری، به‌طور مؤثر در ورزشکاران رقابتی مانند شناگران، دوچرخه‌سواران و دونده‌ها به کار گرفته شده است (۳). تمرین تناوبی شدید به تمرینی اطلاق می‌شود که شامل دوره‌های زمانی کوتاه تا متوسط فعالیت بدنی(برای مثال ۱۰ ثانیه تا ۵ دقیقه‌ای) است و در شدتی بالاتر از آستانهٔ بی‌هوازی انجام می‌گیرد. این دوره‌های تمرینی به‌وسیلهٔ دوره‌های کوتاه‌مدت استراحت غیرفعال یا فعالیت با شدت کم از هم جدا می‌شوند که اجازهٔ بازگشت به حالت اولیه(حالت استراحت) را تا حدودی و نه به‌طور کامل برای ورزشکار (آزمودنی) مهیا می‌سازد (۴). هرچند شدت و مدت این تمرین‌ها مهم است، نسبت دوره‌های فعالیت به استراحت نقش مهمی در ایجاد سازگاری‌های این تمرین‌ها (HIIT) ایفا می‌کند (۵). از طرفی، با توجه به پژوهش‌های موجود، به‌نظر می‌رسد افزایش فشار فیزیولوژیکی حاصل از محدودیت در جریان خونِ عضله در حال تمرین با شدتی برابر با فعالیت‌های کم‌شدت، سازگاری‌هایی با همان کیفیت و کمیت تمرین شدیدتر ایجاد می‌کند (۶). به همین دلیل، درسال‌های اخیر، پژوهش‌هایی به‌منظور تعیین نوع و مقدار اثر این تمرین‌ها، که تمرین انسدادی نامیده می‌شود،[3] صورت گرفته است (۷،۸).

این تمرین‌ها قدمتی در حدود ۴۰ سال دارد و اصالت آن به کشور ژاپن برمی‌گردد، جایی که آن را با نام کاآتسو[4] می‌شناسند. در این نوع تمرین، عضو را از قسمت فوقانی با استفاده از دستگاه کاآتسو یا یک باند ارتجاعی می‌بندند و آن را تحت تمرینات بسیار سبک ورزشی قرار می‌دهند (۹). این عمل سبب تشکیل یک حوضچهٔ خونی موقت در عضو می‌شود و به‌سبب آن، تجمع مواد متابولیکی به‌ویژه لاکتات به‌طور موضعی در عضو افزایش می‌یابد. در مجموع، شرایط ایسکمی ایجادشده بر اثر این وضعیت، به پاسخ‌های هورمونی و

1. Maximum Oxygen Uptake
2. High Intensity Interval Training
3. Occlusion Training
4. Kaatsu

سازگاری‌های عضلانی منجر می‌شود (۱۰). در همین زمینه، ساندبرگ (۱۹۹۴) نشان داد، چهار هفته تمرین استقامتی همراه با ایسکمی، که با فشار ۵۰ میلی‌متر جیوه روی پا صورت بگیرد، اوج اکسیژن مصرفی و محتوای گلیکوژن عضلات را افزایش می‌دهد (۱۱). تاکاشی و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که تمرین رکاب‌زدن با شدت کم، همراه با محدودیت جریان خون، باعث افزایش هایپرتروفی و افزایش توان بی‌هوازی در آزمودنی‌ها می‌شود (۱۲). همچنین، پارک و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند راه‌رفتن روی نوارگردان همراه با محدودیت جریان خون، حجم ضربه‌ای و استقامت بی‌هوازی را افزایش می‌دهد (۱۳). به‌هرحال، پژوهش‌های صورت‌گرفته تاکنون، بیشتر بر ترکیب تمرین مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون تمرکز داشته‌اند و سازگاری‌های عضلانی بر اثر تمرین در کانون توجه قرار گرفته‌اند، درحالی‌که تمرین تناوبی یکی از تأثیرگذارترین انواع تمرین‌ها بر عملکرد شناخته شده است و به‌نظر می‌رسد ایجاد محدودیت جریان خون نیز با راه‌اندازی سازوکارهای فیزیولوژیک بتواند در بهبود عملکرد مؤثر باشد. بنابراین، پژوهش حاضر به‌طور مشخص درصدد پاسخ به این پرسش است که آیا در عملکرد هوازی (Vo_{2max}، W_{max}، زمان رسیدن به خستگی) و بی‌هوازی (حداکثر توان، میانگین توان، حداقل توان) مردان جوان فعال در پاسخ به برنامهٔ تمرین تناوبی همراه با انسداد و بدون انسداد عروق تفاوتی وجود دارد؟

روش‌شناسی

این پژوهش با روش نیمه‌تجربی و طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون انجام گرفت. جامعهٔ آماری آن دانشجویان مرد رشتهٔ تربیت بدنی دانشگاه خوارزمی بودند که هیچ‌یک در زمان اجرای پژوهش در کلاس‌های عملی حضور نداشتند. از بین آنها ۲۴ نفر به‌صورت داوطلبانه انتخاب شدند و به‌صورت تصادفی در سه گروه تمرین تناوبی همراه با محدودیت جریان خون (۸ نفر)، گروه تمرین تناوبی بدون محدودیت جریان خون (۸ نفر)، و گروه گواه (۸ نفر) قرار گرفتند. جدول ۱، برخی مشخصات آزمودنی‌ها را نشان می‌دهد.

جدول۱. میانگین مشخصات آزمودنی‌ها

گروه (تعداد)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص تودهٔ بدن (کیلوگرم بر متر مربع)
تمرین همراه با محدودیت جریان خون (۸ نفر)	۱۷۴/۳۷±۳/۶۲	۶۷/۸۳±۶/۲۱	۲۲/۱۸±۴/۳۳
تمرین بدون محدودیت جریان خون (۸ نفر)	۱۷۲/۶۵±۴/۴۵	۶۷/۷۸±۷/۱۸	۲۲/۹۷±۶/۷۵
گواه (۸ نفر)	۱۷۴/۹۵±۳/۷۶	۶۸/۰۶±۵/۳۰	۲۲/۵۳±۴/۱۱
مجموع (۲۴ نفر)	۱۷۳/۹۲±۵/۴۱	۶۷/۸۹±۶	۲۲/۷۰±۶/۸۴

پیش‌آزمون: قبل از اجرای پیش‌آزمون، سابقهٔ پزشکی آزمودنی‌ها (نداشتن سابقهٔ بیماری قلبی _عروقی، مصرف سیگار یا هر نوع دارو و مکمل) از طریق پرسش‌نامهٔ اطلاعات عمومی بررسی شد. به فاصلهٔ ۴۸ ساعت پیش از شروع فرآیند پژوهش، یک جلسهٔ آشنایی با پروتکل‌ها و روند اجرایی در محل اجرای پروتکل برای

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.8.9]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.11]

آزمودنی‌ها تشکیل شد. در همان جلسه، آزمودنی‌ها رضایت‌نامه شرکت در پژوهش را تکمیل کردند؛ ضمناً، با استفاده از آزمون آستراند روی چرخ کارسنج (چرخ کارسنج E838 مونارک ساخت کشور سوئد) W_{max} و زمان رسیدن به خستگی آزمودنی‌ها اندازه‌گیری و Vo_{2max} آنها برآورد شد. به‌دلیل کم‌بود وقت در اجرای این پژوهش، به فاصلهٔ ۲۴ ساعت بعد از آن، شاخص‌های عملکرد بی‌هوازی (حداکثر توان، میانگین توان، حداقل توان) آزمودنی‌ها با استفاده از آزمون وینگیت روی چرخ کارسنج مونارک (مدل E839 ساخت کشور سوئد) برآورد شد. قبل از شروع پروتکل، برای اطمینان از اجرایی‌بودن تمرین و پیش‌گیری از آسیب‌دیدگی آزمودنی‌ها، فشارهای مختلف ران بند در تمرین با توجه به مطالعه راهنما و پژوهش‌های گذشته مورد بررسی قرار گرفت.

نحوهٔ تعیین W_{max}، Vo_{2max} و زمان رسیدن به خستگی: جهت تعیین W_{max}، آزمودنی‌ها ابتدا به مدت ۶ دقیقه گرم کردند؛ سپس، جهت انجام پروتکل اصلی با مقاومت ۱۰۰ وات شروع به رکاب‌زدن کردند؛ تا اینکه به‌ازای هر دو دقیقه، ۲۵ وات به بار کار افزوده شد، تا هنگامی که فرد به حالت واماندگی برسد. با این آزمون W_{max} تعیین شد، به این صورت که آخرین مرحله‌ای که آزمودنی با موفقیت طی کرد، بدون اینکه میزان دور رکاب زدن از ۵۰ دور در دقیقه کاهش یافته باشد، به‌منزلهٔ W_{max} آزمودنی ثبت شد. برای برآورد Vo_{2max} از معادلهٔ سوخت‌وسازی ACSM[1] (معادلهٔ ۱) استفاده شد. همچنین، زمان رسیدن به خستگی آزمودنی نیز مجموع میزان فعالیت فرد (بدون زمان گرم‌کردن) تا رسیدن به یکی از این دو حالت محاسبه شد: الف) کاهش دور رکاب‌زدن کمتر از ۵۰ دور در دقیقه و ب) افزایش ضربان قلب به حداکثر تعداد در دقیقه طبق فرمول برآوردی حداکثر ضربان قلب = سن − ۲۲۰ (۱۴).

$$VO_{2max} = \left(\frac{Wmax*6}{\text{body weight}} * 1.8\right) + 3.5 + 3.5$$

معادلهٔ۱. معادله سوخت‌وسازی ACSM برای برآورد vo_{2max} در مردان

نحوهٔ تعیین شاخص‌های عملکرد بی‌هوازی: از آزمون وینگیت برای اندازه‌گیری عملکرد بی‌هوازی استفاده شد. این آزمون شامل ۳۰ ثانیه رکاب‌زدن با حداکثر توان فرد و مقاومتی (وزنه‌ای) معادل ۰/۰۷۵ وزن بدن آزمودنی است که پژوهشگر روی جایگاه ویژه‌اش در چرخ کارسنج قرار می‌داد. با استفاده از آزمون وینگیت توان بیشینه، کمینه و متوسط به‌دست می‌آمد. روش اجرای آزمون به این صورت بود که ابتدا آزمودنی با مقاومت کم (۵۰ وات) به‌مدت ۱۰ دقیقه به‌منظور گرم‌کردن روی چرخ کارسنج رکاب می‌زد. با پایان‌یافتن این زمان و با دستور پژوهشگر، آزمودنی سرعت رکاب‌زدن خود را افزایش می‌داد. هم‌زمان با افزایش رکاب‌زدن و با اطلاع آزمودنی، مقاومت وزنه‌ها به‌دست پژوهشگر (اپراتور نرم‌افزار آزمون وینگیت) روی رکاب اعمال می‌شد. ضمناً ۳۰ ثانیهٔ اصلی آزمون (به‌جز مراحل گرم و سردکردن) نیز هم‌زمان با اضافه‌شدن مقاومت شروع می‌شد. حین

1. American College of Sport Medicine

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.8.9]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.11]

اجرای آزمون، پژوهشگر دوم به‌صورت کلامی به آزمودنی برای به‌کاربردن حداکثر توان انگیزه می‌داد. بعد از اجرای آزمون، فرد به‌مدت ۵ دقیقه روی چرخ کارسنج به منظور سردکردن رکاب می‌زد.

برنامهٔ تمرینی: دو گروه تمرین تناوبی با و بدون محدودیت جریان خون به‌مدت دوهفته و هر هفته شش‌جلسه و در مجموع دوازده جلسه رکاب‌زدن را تمرین کردند. جلسهٔ تمرین با ۵ دقیقه رکاب‌زدن با شدت ۵۰W به‌منظور گرم‌کردن شروع می‌شد. سپس، تمرین اصلی که شامل ده مرحلهٔ یک‌دقیقه‌ای رکاب‌زدن با شدت ۸۵–۸۰ درصد W_{max} و بین هر مرحله دو دقیقه ریکاوری فعال با شدت ۵۰ درصد W_{max} بود، انجام شد. شش روز اول، آزمودنی‌ها با شدت ۸۰ درصد W_{max} فعالیت کردند. بعد از یک روز استراحت، در شش روز دوم با شدت ۸۵ درصد W_{max}، به فعالیت می‌پرداختند. اثربخشی این برنامهٔ تمرینی را قبلاً برزگرپور و همکارانش (۱۳۹۵) در دو وضعیت نورموکسی و هایپوکسی بر عملکرد هوازی و بی‌هوازی دانشجویان تربیت بدنی تأیید کرده‌اند (۱۵). در گروه تمرین با محدودیت جریان خون، ابتدا یک ران‌بند فشاری طراحی و در قسمت فوقانی هر پا بسته شد. هر ران‌بند شامل یک کیسهٔ پنوماتیک در بخش داخلی بود که به یک دستگاه فشارسنج دستی متصل بود. قبل از شروع پروتکل، برای اطمینان از اجرایی‌بودن تمرین و پیش‌گیری از آسیب‌دیدگی آزمودنی‌ها، فشارهای مختلف با توجه به پژوهش‌های گذشته آزمایش شد که فشار ۹۰mmhg با توجه به پژوهش کرامایداس و همکارانش (۲۰۱۱) و رضایت آزمودنی انتخاب شد (۱۶). محدودیت جریان خون عضلات پا در طول ۳۰ دقیقه زمان تمرین اعمال شد (محدودیت جریان خون در ۵ دقیقهٔ ابتدایی تمرین که زمان گرم‌کردن بود اعمال نشد). جهت ارزیابی فشار حین تمرین و کنترل ایمنی و سلامت آزمودنی‌ها و همچنین اطمینان از اینکه تمرین با محدودیت جریان خون، فشار بالاتری ایجاد نمی‌کند، از ضربان قلب (جدول ۲) که به‌وسیلهٔ ضربان‌سنج ساخت شرکت پلار مدل AXN300 سنجیده می‌شد و میزان درک سختی به‌وسیله مقیاس بیست ارزشی RPE (جدول ۳)، استفاده شد. ۴۸ ساعت پس از اتمام دوازده جلسهٔ تمرینی، تمامی آزمون‌ها دقیقاً با برنامهٔ زمانی مشابه پیش‌آزمون از سه گروه به‌عمل آمد. گفتنی است گروه گواه هیچ فعالیت بدنی منظمی در طول تمرین تناوبی انجام نداد.

تجزیه و تحلیل آماری: برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار اس.پی.اس.اس نسخهٔ ۲۰ استفاده شد. ابتدا، به‌منظور بررسی هم‌گنی داده‌ها از آزمون کلموگروف- اسمیرنف استفاده شد. بعد از مشخص‌شدن هنجاربودن داده‌ها از آزمون پارامتریک استفاده شد. برای بررسی تغییرات بین‌گروهی، ابتدا تفاضل داده‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون محاسبه و سپس از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه استفاده شد. از آزمون تعقیبی ال.اس.دی نیز برای مشخص‌شدن محل معنی‌داری استفاده شد. از طرفی، برای مقایسهٔ میانگین‌های درون‌گروهی از روش آماری t وابسته استفاده شد. گفتنی است سطح معناداری در تمام آزمون‌های آماری $P\leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.8.9]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.11]

یافته‌ها

جدول ۲. میانگین ضربان قلب (تعداد در دقیقه) دو گروه حین تمرین رکاب‌زدن

	سه جلسهٔ اول	سه جلسهٔ دوم	سه جلسهٔ سوم	سه جلسهٔ چهارم
گروه محدودیت جریان خون	۱۶۴/۸۷±۸/۵۰	۱۶۰/۳۵±۵/۲۶	۱۷۲/۲۵±۶/۲۷	۱۷۰/۰۰±۵/۵۵
گروه بدون محدودیت جریان خون	۱۵۳/۱۵±۶/۴۱	۱۵۰/۰۱±۲/۰۶	۱۵۴/۰۰±۳/۳۴	۱۵۳/۱۷±۳/۴۳

جدول ۳. میانگین میزان درک سختی دو گروه حین تمرین رکاب‌زدن

	سه جلسهٔ اول	سه جلسهٔ دوم	سه جلسهٔ سوم	سه جلسهٔ چهارم
گروه محدودیت جریان خون	۱۸/۶۷±۲/۲۳	۱۷/۷۳±۳/۴۲	۱۷/۶۳±۲/۳۳	۱۷/۲±۱/۹۵
گروه بدون محدودیت جریان خون	۱۸/۳۵±۱/۱۲	۱۷/۷۸±۲/۴۱	۱۷/۷۶±۲/۵۶	۱۶/۹±۲/۲۲

در جدول‌های ۴ و ۵، نتایج آزمون‌های عملکرد هوازی و بی‌هوازی هر سه گروه، قبل و بعد از انجام برنامهٔ تمرینی آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، فقط در عملکرد هوازی، نتایج گروه تمرین تناوبی همراه با محدودیت جریان خون نسبت به دو گروه دیگر افزایش معنی‌داری نشان می‌دهد.

جدول ۴.نتایج عملکرد هوازی

متغیر	گروه	قبل	بعد	مقایسهٔ درون‌گروهی (sig)	مقایسهٔ بین‌گروهی (sig)
Vo_{2max}	محدودیت جریان خون	۵۲/۱۱±۴/۰۵	۶۴/۵۲±۵/۳۴ *+	۰/۰۰ **	۰/۰۰۰
	بدون محدودیت جریان خون	۵۱/۵±۸/۷۰	۵۷/۱±۸/۲۴ +	۰/۰۰۹ **	
	گواه	۵۱±۵	۵۲/۰۵±۵/۸۲	۰/۱۷۱	
W_{max}	محدودیت جریان خون	۲۸۱/۱۲±۲۸/۸۷	۳۶۸/۷۵±۳۹/۵۲ *+	۰/۰۰۱ **	۰/۰۰۰
	بدون محدودیت جریان خون	۲۷۸/۱۲±۱۱/۲۸	۳۲۱/۸۷±۴۱/۰۵ +	۰/۰۳۶ **	
	گواه	۲۷۱/۸۷±۲۴/۷۷	۲۷۸/۱۲±۳۳/۹۰	۰/۱۷۰	
زمان رسیدن به خستگی	محدودیت جریان خون	۱۸/۷۸±۱/۸۸	۲۵/۵۹±۳/۱۲ *+	۰/۰۰۱ **	۰/۰۰۱
	بدون محدودیت جریان خون	۱۸/۵۶±۲/۱۵	۲۲/۰۶±۳/۲ +	۰/۰۱۴ **	
	گواه	۱۷/۱۱±۲/۵۵	۱۷/۲±۲/۷۴	۰/۷۸۵	

* تفاوت معنی‌دار بین گروه‌های تمرین تناوبی همراه با انسداد و گروه تمرین تناوبی بدون انسداد.

+ تفاوت معنی‌دار بین گروه‌های تمرین تناوبی همراه با انسداد و گروه تمرین تناوبی بدون انسداد با گروه گواه.

** تفاوت معنی‌دار بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هرگروه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.8.9]

[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.11]

جدول ۵. نتایج عملکرد بی‌هوازی

متغیر	گروه	قبل	بعد	مقایسهٔ درون‌گروهی(sig)	مقایسهٔ بین‌گروهی(sig)
اوج توان بی‌هوازی	محدودیت جریان خون	۵۶۲/۴۸±۹۵/۱۷	۶۰۶±۱۰۸/۴۱	۰/۰۵۱	۰/۰۶۴
	بدون محدودیت جریان خون	۵۴۸/۷۲±۱۱۳/۶۷	۵۸۶/۰۵±۷۴/۲۹	۰/۱۲۴	
	گواه	۵۴۴/۵±۹۵/۸۳	۵۳۶/۸۹±۳۴/۲۲	۰/۵۹۱	
میانگین توان بی‌هوازی	محدودیت جریان خون	۴۳۲/۹۱±۶۷/۲۱	۴۳۸/۳۶±۵۷/۵۸	۰/۴۷۵	۰/۰۵۸
	بدون محدودیت جریان خون	۴۰۴/۳۳±۱۰۱/۰۷	۴۳۲/۱۸±۸۲/۷۲	۰/۰۴۶	
	گواه	۴۰۰/۷۳±۶۳/۱۷	۳۹۶/۵۹±۵۵/۴۹	۰/۵۶	
حداقل توان بی‌هوازی	محدودیت جریان خون	۲۵۱/۹۰±۵۰/۸۴	۲۵۱/۹۰±۴۱/۳۶	۰/۹۸۱	۰/۸۲۶
	بدون محدودیت جریان خون	۲۴۱/۳۴±۴۶/۲۶	۲۴۸/۰۸±۵۷/۴۹	۰/۶۹۱	
	گواه	۱۹۰/۸۳±۶۵/۹۴	۱۸۷/۹۳±۷۴/	۰/۷۲۵	

بحث

در این پژوهش، Vo_{2max} در هر دو گروه تمرین همراه با انسداد و گروه تمرین بدون انسداد افزایش یافت که اثربخشی تمرین تناوبی شدید را حتی در دوره‌های کوتاه‌مدت نشان می‌دهد. در این پژوهش، دو گروه تمرین تناوبی همراه با محدودیت جریان خون، ۲۳ درصد و تمرین تناوبی بدون محدودیت جریان خون، ۱۱ درصد افزایش vo_{2max} نسبت به پیش‌آزمون داشتند که این یافته با پژوهش بورگومستر و همکاران هم‌سو است. بورگومستر (۲۰۰۸) نیز اثر دو هفته تمرین تناوبی سرعتی را بر ظرفیت رکاب‌زدن در ۸۰ درصد اوج اکسیژن مصرفی و آنزیم سیترات سنتاز هشت مرد فعال سنجیده بود که هر دوی این متغیرها در پژوهش او افزایش یافته بود (۵). با اینکه تاکنون سازوکار دقیق اثرگذاری تمرینات سرعتی و تناوبی بر عملکرد و فاکتورهای فیزیولوژیک هوازی به طور کامل مشخص نشده، اما جیبالا (۲۰۱۲) در یک مقالهٔ مروری بیان کرد این موضوع می‌تواند به افزایش تراکم میتوکندریایی و آنزیم‌های مسئول در چرخهٔ کربس و زنجیرهٔ انتقال اکسیژن از طریق مسیر $PGC\text{-}1\alpha$ مربوط باشد (۱۷). در پژوهش حاضر، نتایج گروه انسداد نسبت به گروه‌های تمرین بدون انسداد و گروه گواه افزایش معناداری نشان داد. افلاکی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی مشابه هیچ‌گونه افزایش معناداری در Vo_{2max} مشاهده نکردند (۱۸). البته، در هیچ‌کدام از این دو پژوهش، Vo_{2max} به روش مستقیم اندازه‌گیری نشد و در هر دو مورد، Vo_{2max} با استفاده از آزمون آستراند بیشینه برآورد شده بود، که به‌نظر می‌رسد توانایی تحمل لاکتات بتواند در افزایش زمان آزمون و برآورد بیشتر Vo_{2max} سهیم باشد.

از منظر فیزیولوژیک، گوناگونی تغییرات در حداکثر اکسیژن مصرفی بعد از دوره‌های تمرینی به حجم، شدت و تناوب تمرینات وابسته است؛ ازاین‌رو، هر کدام از این متغیرها عامل تغییرات (سازگاری‌ها) متفاوتی در دستگاه‌های عصبی و غدد درون‌ریز، قلبی-عروقی و تنفسی و عضلات اسکلتی تلقی می‌شوند (۱۷). در پژوهش حاضر، حجم و شدت تمرین نسبت به پروتکل، در پژوهش افلاکی (سه دورهٔ ۵ دقیقه‌ای با ۵۰ درصد W_{max}) بیشتر بود. البته، در پژوهش حاضر تغییرات زیادتر از حد انتظار Vo_{2max} را می‌توان به افزایش زمان رسیدن به

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.8.9]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.11]

خستگی نسبت داد. در پژوهش حاضر، زمان رسیدن به خستگی در هر دو گروه تمرین همراه با انسداد و بدون انسداد نسبت به گروه گواه افزایش یافت. این افزایش در گروه تمرین با انسداد، نسبت به گروه تمرین بدون انسداد، افزایش یافت. افزایش زیاد در زمان رسیدن به خستگی را می‌توان به بهبود آستانهٔ لاکتات و افزایش تحمل خستگی نسبت داد (۱۸). البته، عدم اندازه‌گیری Vo_{2max} در پیش‌آزمون و پس‌آزمون به‌صورت مستقیم به‌وسیلهٔ دستگاه سنجش گازها نیز، با وجود معیار قراردادن حداکثر ضربان قلب و RPE، می‌تواند به کاهش قاطعیت در نسبت‌دادن تمامی میزان افزایش در Vo_{2max} به سازگاری‌های فیزیولوژیک مربوط به افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی دانست. بنابراین، افزایش آستانهٔ لاکتات و تحمل خستگی را می‌توان از جمله دلایل بهبود زمان به‌دست‌آمده در پس‌آزمون دانست.

کرامایداس و همکارانش (۲۰۱۱) اثر شش هفته تمرین تناوبی به همراه انسداد جزئی عروق پا را بر ۲۰ آزمودنی (۱۴ مرد، ۶ زن) بررسی کردند. هر هفته سه جلسهٔ تمرینی شامل ۲ دقیقه فعالیت با ۹۰ درصد Vo_{2max} و ۲ دقیقه استراحت فعال با ۵۰ درصد Vo_{2max} تا رسیدن آزمودنی‌ها به خستگی به‌صورت متناوب برگزار می‌شد که در آن گروه آزمایش، فشاری معادل 90mmhg در وهله‌های فعالیت شدید، به‌وسیلهٔ ران‌بند در شریان ران هر دو پای خود ایجاد می‌کردند. عملکرد زیربیشینهٔ هر دو گروه آزمودنی به‌وسیلهٔ آزمون توان ثابت (sub80 test) شامل ۶ دقیقه رکاب‌زدن با ۸۰ درصد Vo_{2max} بود، که طی آن Vo2 حین فعالیت سنجیده می‌شد. میزان اکسیژن‌زدایی در بافت عضلهٔ اسکلتی به روش طیف‌سنجی نزدیک مادون قرمز حین آزمون بیشینه در پس‌آزمون افزایش یافت. نتایج گویای بهبود Vo_{2max} و کاهش Vo2 حین آزمون زیربیشینه (sub80 test) در هر دو گروه بود و با وجود بهبود گروه انسداد، هیچ اختلاف معناداری بین دو گروه مشاهده نشد. با توجه به افزایش اکسیژن‌زدایی، نتایج این پژوهش گویای سازگاری محیطی در بهبود عملکردهای بیشینه و زیربیشینه است در پایان انسداد عروق هیچ پیشرفت معناداری بین گروه‌ها نشان نداد (۱۶). از طرفی، به‌نظر می‌رسد سازگاری افزایش اکسیژن‌زدایی در بافت عضلهٔ اسکلتی، حاصل پاسخ افزایش شیب فشار اکسیژن خون نسبت به بافت عضلهٔ اسکلتی و افزایش بیشتر اسیدوز عضله حین تمرینات انسدادی باشد که می‌توانند دو سازگاری مهم در تمرینات استقامتی ایجاد کنند: نخست افزایش ۲-۳ دی‌فسفوگلیسرات در گلبول قرمز. ۲-۳ دی‌فسفوگلیسرات محصول گلیکولیز بی‌هوازی در سلول‌های قرمز خون است که موجب تسهیل آزادسازی اکسیژن از بخش هم هموگلوبین در شرایط اسیدوز می‌شود. همچنین، افزایش ۲-۳ دی‌فسفوگلیسرات، کاهش غلظت هموگلوبین، که نتیجهٔ افزایش نسبتاً زیاد حجم پلاسما نسبت به تودهٔ گلبول‌های قرمز است، جبران می‌کند. کاهش غلظت هموگلوبین به‌دنبال تمرینات استقامتی سودمند است، چراکه باعث کاهش ویسکوزیتهٔ خون می‌شود و مقاومت عروق به جریان خون کاهش می‌یابد (۱۹).

از دلایل اختلاف پژوهش حاضر با پژوهش کرامایداس و همکاران (۲۰۱۱) (۱۶) می‌توان به نوع ایجاد انسداد اشاره کرد. در پژوهش حاضر، فشار ران‌بند همانند پژوهش کرامایداس 90mmhg بود؛ بااین‌حال، در پژوهش کرامایداس ران‌بند فقط در مرحله‌های شدید تمرین تناوبی بسته می‌شد که می‌تواند تا حدودی به پالایش سریع‌تر

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.8.9]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.11]

لاکتات توسط عضلات غیرفعال و کبد کمک کرده باشد؛ درصورتی‌که در پژوهش حاضر، ران‌بند در تمام طول تمرین (استراحت فعال و مرحله‌های شدید رکاب‌زدن) بسته می‌شد که به نظر می‌رسد اسیدوز درون‌سلول عضلانی را افزایش داده است. مطالعات نشان داده است که افزایش اسیدوز درون‌سلولی از طریق اعصاب آوران نوع سوم و چهارم به دستگاه عصبی اطلاع داده می‌شود. این عوامل، پاسخ دستگاه عصبی سمپاتیک و افزایش ترشح هورمون رشد و افزایش تهویهٔ ریوی را به دنبال دارد. افزایش ترشح هورمون رشد باعث بهبود روند لیپولیز و کاهش استفاده از کربوهیدرات‌ها خواهد شد. افزایش تهویهٔ ریوی نیز می‌تواند بر قدرت و استقامت عضلات تنفسی بیفزاید و از این طریق، زمان رسیدن به خستگی افزایش می‌یابد (۲۰).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد دوازده جلسه تمرین تناوبی رکاب‌زدن، بر اوج توان بی‌هوازی هیچ‌یک از گروهای حاضر در پژوهش تأثیر معناداری نداشت. تمرینات تناوبی همراه با انسداد موضعی عروق می‌تواند توان بی‌هوازی را از طریق تغییر دستگاه عصبی- عضلانی افزایش فعالیت آنزیم‌های بی‌هوازی افزایش گلیکوژن داخل سلول عضلانی یا تغییر در نوع تارهای عضلانی بهبود بخشد (۲۱). تاکنون، پژوهش‌های کمی به بررسی اثر تمرینات انسدادی همراه با تمرین رکاب‌زدن بر توان بی‌هوازی پرداخته‌اند؛ از جمله می‌توان به پژوهش افلاکی و همکاران (۱۳۹۲) اشاره کرد که با نتایج پژوهش حاضر هم‌سو بود. در پژوهش افلاکی و همکاران (۱۳۹۲) هیچ‌گونه تغییری در گروه‌ها پس از چهار هفته تمرین هوازی زیربیشینه همراه با انسداد روی شاخص‌های توان بی‌هوازی (اوج توان بی‌هوازی و میانگین توان بی‌هوازی و حداقل توان بی‌هوازی) نسبت به هم مشاهده نشد (۱۸). همچنین، حسینی و همکاران (۱۳۹۰) تأثیر چهار هفته تمرین مقاومتی همراه با انسداد را بر توان بی‌هوازی بررسی کردند که نتایج هیچ‌گونه تغییر معناداری بر توان بی‌هوازی حاصل از آزمون وینگیت نشان نداد (۲۲). از دلایل احتمالی‌ای که می‌توان برای به‌دست‌نیامدن تفاوت معنادارِ بین‌گروهی بیان کرد، ناکافی‌بودن مدت و تعداد جلسات پروتکل است؛ زیرا برای تغییرات درون‌عضلانی حداقل در منابع هشت تا دوازده هفته پیشنهاد شده که در این پژوهش مدت تمرین دو هفته بود شاید با افزایش شدت فعالیت یا مدت پروتکل نتایج دیگری حاصل شود (۲۳). همچنین، بهبود شاخص خستگی با افزایش آمادگی بی‌هوازی، تحمل لاکتات، و افزایش ظرفیت بافری در ارتباط است (۲۴) اما همان‌طور که بیان شد، شاید به‌دلیل کاهش مدت و تعداد جلسه‌های پروتکل، تفاوت معنادار به‌دست نیامد و امکان دارد با افزایش مدت و تعداد جلسه‌ها، نتایج متفاوتی به‌دست آید. از طرفی، سطوح آمادگی بی‌هوازی به‌دلیل وابستگی بیشتر به پدیدهٔ وراثت قابلیت تمرین‌پذیری کمتری نسبت به شاخص‌های هوازی داراست (۲۵). افزون‌براین، سطح اولیهٔ آمادگی آزمودنی‌ها در این پژوهش، به‌مراتب نسبت به تحقیقات ذکرشده بالاتر بود که ممکن است یکی از علل عدم پیشرفت در عملکرد بی‌هوازی بوده باشد. پژوهش‌هایی که به بررسی تأثیر فعالیت هوازی همراه با انسداد بر عملکرد بی‌هوازی پرداخته‌اند بسیار اندک‌اند و سازوکاری برای آن گزارش نشده است، اما، گزارش شده است که افزایش ظرفیت بی‌هوازی ممکن است با افزایشی مرتبط باشد که در محتوای گلیکوژنی عضلات در تمرینات انسدادی نشان داده شده است (۲۶).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.8.9]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.11]

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که دو هفته تمرین (دوازده جلسه تمرین) رکاب‌زدن عملکرد هوازی را در گروه انسدادی افزایش می‌دهد، و این افزایش نسبت به گروه‌های بدون انسداد و گواه معنادار بود. همچنین، نتایج پژوهش نشان داد هیچ اختلاف معناداری در شاخص‌های عملکرد بی‌هوازی بین سه گروه انسدادی، بدون انسداد و گواه وجود ندارد. اما، ازآنجاکه پژوهش‌های اندکی در زمینهٔ تأثیر تمرینات انسدادی بر عملکرد هوازی و بی‌هوازی انجام شده است، قضاوت در خصوص تأثیر تمرینات انسدادی بر عملکرد هوازی و بی‌هوازی به مطالعهٔ بیشتری نیاز دارد.

منابع

1. Jansson, E., Esbjörnsson, M., Holm, I., Jacobs, I. (1990). Increase in the proportion of fast-twitch muscle fibres by sprint training in males. Acta Physiologica Scandinavica. 140(3):359-63.
2. Rodas, G., Ventura, J.L., Cadefau, J.A., Cusso, R., Parra, J. (2000). A short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. European Journal of Applied Physiology. 82(5-6):480-6.
3. Morton, J.P., Cable, N.T. (2005). The effects of intermittent hypoxic training on aerobic and anaerobic performance. Ergonomics. 48(11-14):1535-46.
4. Laursen, P.B., Jenkins, D.G. (2002). The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. Sports Medicine. 32(1):53-73.
5. Burgomaster, K.A., Howarth, K.R., Phillips, S.M., Rakobowchuk, M., Macdonald, M.J., Gibala, M.J. (2008). Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. The Journal of Physiology.. 586(1):151-60.
6. Saejong,P., Jong, K., Hyun, C., Hyun, K., Matthew, D.B., Hosung, N. (2010). Increase in maximal oxygen uptake following 2-week walk training with blood flow occlusion in athletes. European Journal of Applied Physiology. 109(4):591-600.
7. Yoshiyuki, F., Asami, K., Naoyki, H., Takayoshi, Y., Hatsumi, U., Masako, Y.E., Akira, M. (2007). Effects of femoral vascular occlusion on ventilatory responses during recovery from exercise in human. Respiratory Physiology & Neurobiology. 155(1):29-34.
8. Teramoto, M., Lawrence, A. (2006). Low-intensity exercise, vascular occlusion, and muscular adaptations. Master's Degree, University of Nevada. (English)
9. Loenneke, J., Pujol, T. (2009). The Use of Occlusion Training to Produce Muscle Hypertrophy.The Journal of Strength and Conditioning. 31(3):77-84.
10. Reeves, G., Kraemer, R., Hollander, D., Clavier, J., Thomas, C., Francois, M., Castracane, V. (2006). Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion. Journal of Applied Physiology. 101(6):1616-22.
11. Sundberg, C.J. (1994). Exercise and training during graded ischemia in healthy man with special reference to effects on skeletal muscle. Acta Physiologica Scandinavica. 615:1-50.
12. Abe, T., Fujita, S., Nakajima, T., Sakamaki, M., Ozaki, H., Ogasawara, R., Sugaya, M., Kudo, M., Kurano, M., Yasuda, T., Sato, Y., Ohshima, H., Mukai, C., Ishii, N. (2010).). Effects of low-intensity cycle training with restricted leg blood flow on thigh Muscle volume and VO2max in young men. Journal of Sports Science and Medicine. 9(3):452-8.
13. Park, S., Kim, J.K., Choi, H.M., Kim, H.G. (2010). Increase in maximal oxygen uptake following 2-week walk training with blood flow occlusion in athletes. The European Journal of Applied Physiology. 109(4):591-600.
14. Stefan, g. (2006). ACSM's Metabolic Calculations Handbook,1,Baltimore, ACSM,48.
15. Barzegarpoor, H.R., Hovanloo, F., Rajabi, H., Askarzadeh, N. (2016) .The effect of twelve session high intensity interval training in haypoxic and normoxic conditions on anaerobic performance in athletes. Journal of Research in Sport Medicine& Technology. 14(11):15-26
16. Keramidas, M.E., Kounalakis, S.N., Geladas, N,D. (2011).The effect of interval training combind with thigh cuffs pressure on maximal and sub maximal exercise performance. Clincal Physiology and Functional Imagin. 32(3):205-13.
17. Gibala, M.J., Little, J.P., Macdonald, M.J., Hawley, J.A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. The Journal of Physiology. 590(5):1077-84.
18. Aflaki, s. (2013). Effects of submaximal cycling training with blood flow occlusion on aerobic and anaerobic performance in healthy men. Master's Degree, Kharazmi University. (Persian)
19. Ziemann, E., Grzywacz, T., tuszczyk, M., Laskowski, R., Oleka, R.A., Gibson, A.L. (2011). Aerobic and anaerobic changes with high-intensity interval training in active college-aged men. The Journal of Strength & Conditioning Research. 25(4):1104-12.
20. Cunningham, L.N. (1990). Relationship of running economy, ventilatory threshold, and maximal oxygen consumption to running performance in high school females. Research Quarterly for Exercise and Sport. 61(4):369-74.
21. Ekblom, B., Wilson, G., Astrand, P. (1976). Central circulation during exercise after venesection and reinfusion of red blood cells. Journal of Applied Physiology. 40(3):379-83.
22. Hosseini, A., sharifi, A. (2012). A comparison of the effect of traditional resistance training with resistance training with vascular occlusion on muscular function and cardiovascular endurance in young females. Sport Biosciences. 10(4):95-114.
23. Hill, A.V., Long, C.H.N., Lupton, H. (1923). Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. QjM. (62):135.
24. Ekblom, B., Astrand, P.O., Saltin, B., Stenberg, J., Wallström, B. (1968). Effect of training on circulatory response to exercise. Journal of Applied Physiology. 24(4):518-28.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.8.9]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.11]

25. Pepper, M,S., Ferrara, N., Orci, L., Montesano, R. (1991). Vascular endothelial growth factor (VEGF) induces plasminogen activators and plasminogen activator inhibitor-1 in microvascular endothelial cells. Biochemical and Biophysical Research Communications. 181(2): 902-06.
26. Prior, B.M., Yang, H.T., Terjung, R.L. (2004). What makes vessels grow with exercise training? Journal of Applied Physiology. 97(3):1119-28.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.8.9]

[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.11]