Archive of SID

Medical Journal
of
Tabriz University of Medical Sciences and Health Services

Original Article

The comparing effects of four-week rock climbing with or without blood flow restriction on vascular endothelial growth factor and Growth Hormone in elite climbers

Mansour Aghaei[1], Javad Vakili[2*], Ramin Amirsasan[2]

[1]PhD Student in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
[2]Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran
*Corresponding author; E-mail: vakili@tabrizu.ac.ir

Received: 21 August 2018 Accepted: 23 September 2018 First Published online: 18 July 2020
Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2020 August- September; 42(3): 237-244

Abstract

Background: Angiogenesis and increased capillary density of skeletal muscle is one of the potential physiological changes during the flow restriction exercise (BFR). Therefore, the aim of this research was to evaluate the effect of four weeks rock climbing with or without blood flow restriction on vascular endothelial growth factor and Growth Hormone in elite climbers.

Methods: In this semi-experimental study, 26 elite climbers (aged 25-30 years; body fat percent 8-14%; 4 years athletic training history) in a randomized and double-blind design were divided in two equal rock climbing with blood flow restriction (BFR) or rock climbing without blood flow restriction (NBFR) groups. The training protocol included three sessions per week for 4 weeks of rock climbing with a severity of 80-60% of the difficulty of the route. The cuff pressure was in the range of 40 to 100 mm Hg during rock climbing. Blood samples were obtained in the 2 phases: before and 24 hours after rock climbing protocols. Vascular endothelial growth factor and Growth Hormone were analyzed. Finally, Data were analyzed independent and independent T test. The significance level was set at $p<0.05$.

Results: Basal levels of GH and VEGF was significantly increased after four weeks rock climbing with BFR. However, the rock climbing without BFR had not any significant effect on the basal levels of GH and VEGF.

Conclusion: It can be concluded that the rock climbing with BFR by increasing of basal levels of GH and VEGF could be increased angiogenesis process.

Keyword: Blood Flow Restriction, Rock Climbing, Vascular Endothelial Growth Factor, Growth Hormone

How to cite this article: Aghaei M, Vakili J, Amirsasan R. [The comparing effects of four-week rock climbing with or without blood flow restriction on vascular endothelial growth factor and Growth Hormone in elite climbers]. Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2020 August- September; 42(3):237-244. Persian.

© 2020 The Author(s). This is an Open Access article published by Tabriz University of Medical Sciences under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

www.SID.ir

Archive of SID

مقاله پژوهشی

مقایسه تأثیر چهار هفته تمرین سنگ‌نوردی با و بدون محدودیت جریان خون بر میزان فاکتور رشد اندوتلیالی عروق و هورمون رشد سنگ‌نوردان نخبه

منصور آقایی[۱]، جواد وکیلی[۲*]، رامین امیرساسان[۲]

[۱] دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
[۲] گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
[*] نویسنده مسوول؛ ایمیل: vakili@tabrizu.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۷/۵/۳۰ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۱ انتشار برخط: ۱۳۹۹/۴/۲۸
مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی تبریز. مرداد و شهریور ۱۳۹۹؛ ۴۲(۳): ۲۳۷-۲۴۴

چکیده

زمینه: آنژیوژنز و افزایش چگالی مویرگی عضله اسکلتی یکی از تغییرات فیزیولوژیک احتمالی طی تمرینات محدودیت جریان (BFR) است. لذا، هدف از تحقیق حاضر، بررسی تأثیر ۴ هفته تمرین سنگ‌نوردی با BFR بر سطوح فاکتور رشد اندوتلیالی عروق (VEGF) و هورمون رشد (GH) سنگ‌نوردان نخبه بود.

روش‌کار: در این مطالعه نیمه‌تجربی، بصورت هدفمند ۲۶ سنگ‌نورد نخبه در دامنه سنی ۳۰-۲۵ سال، درصد چربی ۱۴-۸ درصد و حداقل ۴ سال سابقه تمرینی به صورت تصادفی در دو گروه تمرین سنگنوردی با BFR و تمرین بدون BFR قرار گرفتند. قرارداد تمرینی شامل سه جلسه در هفته به مدت ۴ هفته صخره نوردی با شدت ۸۰-۶۰ درصد درجه سختی مسیر انجام شد. فشار کاف برای بازوها در مراحل اجرای سنگ‌نوردی بین ۴۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر جیوه بود. دو مرحله خونگیری در حالت پایه قبل و ۲۴ ساعت بعد از اتمام پروتکل تمرینی جهت تعیین سطوح سرمی VEGF و GH اخذ شد. در نهایت، داده‌های حاصله با استفاده از آزمون آزمونتی مستقل و همبسته در سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: پس از چهار هفته تمرین سنگ‌نوردی با BFR سطوح پایه VEGF و GH، افزایش معنی‌داری را نشان داد ($P<0/05$). با این حال، سطوح پایه VEGF و GH پس از تمرینات سنگ‌نوردی بدون BFR تغییر معنی‌داری نداشت.

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد تمرینات سنگ‌نوردی همراه با محدودیت جریان خون با افزایش VEGF و GH بتواند افزایش رگ‌زایی را به دنبال داشته باشد.

کلید واژه‌ها: محدودیت جریان خون، سنگ‌نوردی، فاکتور رشد اندوتلیالی عروق، هورمون رشد

نحوه استناد به این مقاله: آقایی م، وکیلی ج، امیرساسان ر. مقایسه تأثیر چهار هفته تمرین سنگ‌نوردی با و بدون محدودیت جریان خون بر میزان فاکتور رشد اندوتلیالی عروق و هورمون رشد سنگ‌نوردان نخبه. مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی تبریز. ۱۳۹۹؛ ۴۲(۳): ۲۳۷-۲۴۴

حق تألیف برای مؤلفان محفوظ است.
این مقاله با دسترسی آزاد توسط دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی ـ درمانی تبریز تحت مجوز کریتیو کامنز (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0) منتشر شده که طبق مفاد آن هرگونه استفاده تنها در صورتی مجاز است که به اثر اصلی به نحو مقتضی استناد و ارجاع داده شده باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

سنگ‌نوردی داخل سالن دارای سه رشته سرطناب (Lead)، بولدرینگ (Bouldering) و سرعت (Speed) می‌باشد و هرکدام از این رشته‌ها ویژگی‌های فیزیولوژیکی و آنتروپومتریکی خاصی را می‌طلبد. از این رو بیشتر تلاش مربیان و ورزشکاران بر بهینه کردن روش های تمرینی برای نیل به بهبود توان و عملکرد ورزشکاران متمرکز بوده است، به طوری که برای دسترسی به این هدف و افزایش تحمل لاکتات به تمرینات مقاومتی سنگین و انفجاری در دستگاه انرژی بی‌هوازی نیاز است. یکی از مهمترین سازگاری‌های که در پی اینگونه تمرینات ورزش ایجاد می‌شود، افزایش جریان خون است که باعث تامین مواد سوخت و سازی اندام‌ها و رفع استرس فیزیولوژیکی زمان ورزش می‌شود که برای رفع این شرایط استرسی هنگام فعالیت ورزشی در ساختار عروقی عضله اسکلتی فرایندی به نام "آنژیوژنز" روی می‌دهد. آنژیوژنز به معنی شکل‌گیری مویرگ جدید از مویرگ‌های قبلی است که موجب افزایش چگالی مویرگی عضله می شود. فرآیند آنژیوژنز با تکثیر و مهاجرت سلول‌های اندوتلیال آغاز شده و به دو شکل جوانه زدن و دو نیم شدن رگ تکامل یافته صورت می‌گیرد. عامل رشد اندوتلیالی عروق (VEGF, Vascular Endothelial Growth Factor) مهمترین عامل درگیر در فرآیند آنژیوژنز است که به عنوان قوی‌ترین میتوژن مخصوص سلول‌های اندوتلیال شناخته شده است. VEGF یک گلیکوپروتئین همودایمر باند شونده با هپارین با وزن ۴۵ کیلودالتون و با ایزوفرم‌های مختلف است که در پاسخ به محرک‌های مختلفی مانند هایپوکسی (Hypoxia)، فشارهای برشی (Shear Stress)، انقباض و کشش عضله، انواع سایتوکین‌ها (Cytokine) و هورمون رشد (GH, Growth Hormone) بر مهاجرت و تکثیر سلول‌های اندوتلیال تأثیر گذاشته و می‌تواند توسط فعالیت ورزشی که مهم‌ترین محرک آنژیوژنز است القا شود(۱). اگرچه همه این عوامل در تنظیم VEGF مشارکت دارند، اما هایپوکسی مهمترین تنظیم کننده رگ‌زایی است (۲). بر این اساس، محققان شیوه جدیدی تمرینی با عنوان تمرینات با محدودیت جریان خون (BFR, Blood Flow Restriction) که معروف به تمرینات Kaatsu است را پیشنهاد داده‌اند. در این روش تمرینی که با شدت ۱۰ الی ۴۰ درصد قدرت بیشینه انجام می‌شود، جریان خون ورودی به عضله فعال از طریق بستن کاف یا کش (تورنیکه) لاستیکی انعطاف‌پذیر به دور قسمت پروگزیمال بازو یا ران، محدود یا متوقف می‌شود(۳،۴). این عمل سبب ایجاد حوضچه خونی موقت در عضو شده و در پی آن تجمع مواد متابولیکی به ویژه اسیدلاکتیک به طور موضعی در عضو افزایش می‌یابد که این افزایش غلظت متابولیت‌ها، اسیدی شدن محیط داخلی عضله، افزایش یون H^+ و کاهش دسترسی بافتی به اکسیژن خون باعث آزادسازی هورمون‌های آنابولیکی مانند GH از محور هیپوتالاموس–هیپوفیزی و افزایش سطح VEGF از طریق فعال‌سازی گیرنده A2 می‌شود (۵،۶). شرایط ایسکمی ایجاد شده بر اثر تمرینات محدودیت جریان خون که مشابه هیپوکسی است منجر به افزایش اسید لاکتیک، فعال‌سازی فرآیندهای آنژیوژنیک و پاسخ‌های هورمونی می‌شود. درحقیقت، محور هورمون رشد–عامل رشد شبه انسولین–۱ (IGF-I) نقش بسیار مهمی در تولید عوامل رگ‌زایی دارد، این محور از طریق فعال‌سازی فسفاتیدیل اینوزیتول–۳ کیناز (PI3K, Phosphoinositide 3-kinase) و پروتئین کیناز B (PKB, Protein kinase B) احتمالاً موجب افزایش بیان ژن عوامل درگیر در رگ‌زایی می‌شود (۳،۶). به طور مثال، Shimizu و همکاران گزارش کردند که چهار هفته تمرین مقاومتی (با ۲۰ درصد یک تکرار بیشینه) با و بدون BFR باعث افزایش بیشتر غلظت سرمی VEGF و GH افراد سالمند نسبت به گروه بدون محدودیت جریان خون شد (۵). همچنین، Patterson و همکاران، Larkin و همکاران دریافتند که افزایش غلظت VEGF سرمی مردان سالمند و جوان سالم پس از تمرینات با BFR به طور معنی‌داری بیشتر از گروه بدون محدودیت جریان خون بود است (۷،۸). با این حال، Taylor و همکاران، Basereh و همکاران گزارش کردند که تمرین کاتسو تأثیر معنی‌داری بر بیان ژن VEGF و مقادیر سرمی GH نداشته است (۹، ۴). لذا، با توجه به افزایش روز افزون توجه به ورزش سنگ‌نوردی داخل سالن به دلیل ورود این رشته به بازی‌های المپیک و لزوم استفاده از روش‌های علمی برای بهبود عملکرد و اثربخشی تمرینات و گزارش‌های پژوهشی موجود در مورد فواید منتسب به تمرینات ورزشی با BFR، عدم وجود تحقیقات کافی در این زمینه (به ویژه در زمینه سنگ‌نوردی در در داخل کشور) برای مشخص نمودن تمام جوانب این نوع تمرینات و تناقضات موجود در پیشینه پژوهشی، مطالعه حاضر با هدف تعیین تأثیر چهار هفته تمرین سنگ‌نوردی با و بدون محدودیت جریان خون بر سطوح عامل رشد اندوتلیالی عروق و هورمون رشد سنگ‌نوردان نخبه انجام گرفت.

روش‌کار

تحقیق حاضر در قالب یک طرح نیمه تجربی دو گروهی (گروه تمرینی با محدودیت جریان خون و گروه تمرینی بدون محدودیت جریان خون) با دو مرحله اندازه‌گیری انجام شد. در مطالعه حاضر از میان کلیه زنان و مردان داوطلب سنگ‌نورد ۳۰–۲۰ ساله که حداقل ۴ سال سابقه فعالیت در رشته سنگ‌نوردی داشته و درجه سختی صعود آنها بین ۵/۱۰b و ۵/۱۳a قرار داشته باشد، آسیب دیده (به ویژه در اندام فوقانی) نباشند و در شش ماه گذشته مکمل یا داروی خاصی را مصرف نکرده باشند، تعداد ۳۰ نفر انتخاب شدند. سنگ‌نوردانی که دارای آسیب ورزشی و خارج

www.SID.ir

Archive of SID

از محدوده درجه سختی مسیر ذکر شده باشند از مطالعه کنار گذاشته شدند. آزمودنی‌ها بر اساس درجه سختی مسیر، اکسیژن مصرفی بیشینه (آزمون بروس روی نوارگردان) و درصد چربی بدن (با استفاده از ضخامت سنج پوستی(Caliper) و فرمول هفت نقطه‌ای دانشکده پزشکی ورزشی آمریکا (American College of Sports Medicine (ACSM)) به صورت تصادفی در یکی از دو گروه تمرین سنگنوردی با و بدون BFR قرار گرفتند. همه افراد انتخاب شده با حضور در جلسه هماهنگی و پس از شرح کامل اهداف و روش‌های اندازه‌گیری توسط محقق، با تکمیل رضایتنامه و پرسشنامه سلامتی تحت معاینات پزشکی قرار گرفتند. پرسشنامه‌های وضعیت سلامت و ثبت سه روزه دریافت غذایی بین افراد توزیع شد و رژیم غذایی افراد توسط کارشناس تغذیه آنالیز گردید و پیش از شروع تمرین، طی جلسه‌ای به هر یک از افراد شرکت کننده در مطالعه مشاوره غذایی جهت اصلاح عادات غذایی و پیروی از رژیم غذایی استاندارد در نظر گرفته برای تمام آزمودنی‌ها داده شد تا تاثیر عامل مداخله‌گر محتوای رژیم غذایی به حداقل برسد. قبل از شروع تحقیق مجوز اخلاق پزشکی برای اجرای طرح از کمیته منطقه‌ای اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی تبریز اخذ شد. حجم نمونه با استفاده از نرم افزارهای MedCalc و بر اساس مطالعات قبلی با احتساب سهم اثر ۵/. و در نظر گرفتن خطای نوع اول ۰/۰۵ تعداد بیست نفر تعیین شد (۱۰). البته به منظور جلوگیری از افت احتمالی آزمودنی‌ها در طی مراحل تحقیق، ۲۶ نفر برای شرکت در تحقیق انتخاب شدند. برنامه تمرینی سنگ نوردی شامل چهار هفته تمرین، سه جلسه ۹۰ دقیقه‌ای در هفته بود که حین اردو در سالن کوثر شهرستان مرند انجام شد. هر جلسه تمرینی شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن عمومی و ۱۰ دقیقه گرم کردن اختصاصی روی دیواره که شامل تراورس (Traverse) (حرکت افقی و مورب در دیواره) در شیب ۹۰ درجه و برنامه تمرین اصلی با شدت مورد نظر بود. به دلیل عدم پیشینه پژوهشی در این زمینه تحقیقی، ابتدا یک طرح تحقیق آزمایشی (Pilot study) برنامه تمرینی روی دو آزمودنی انجام شد و شدت ۶۰ الی ۸۰ درصد درجه سختی مسیر به عنوان هدف تمرین با شدت بالا انتخاب شد (۱۱–۱۳). یک هفته قبل از شروع آزمون، جلسه آشنایی با برنامه تمرینی و شیوه تمرین برای آزمودنی‌ها گذاشته شد. در گروه با BFR، حین صعود مسیرهای سرطناب و بولدرینگ از کاف‌ها برای بستن قسمت پروگزیمال بازو استفاده شد و در زمان استراحت بین مسیرها باز شد. در حالی که گروه NBFR بدون استفاده از کاف‌ها برنامه تمرینی خود را انجام دادند. لازم به توضیح است که سنگ‌نوردان برای درک بهتر سختی مسیر و مقدار توان لازم برای صعود از یک زبان مشترک برای مشخص نمودن سختی مسیرهای سنگ‌نوردی تحت عنوان درجه بندی سختی مسیرها (سامانه اعشاری یوسه‌میتی، Yosemite) استفاده کردند. این سامانه از ۵/۱ شروع شده و تا ۵/۱۵ ادامه می یابد و سطوح متوسط بین ۵/۱۰ تا ۵/۱۵ با حروف a،b،c و d تقسیم شده است. به طور نمونه، درجه سختی مسیر ۵/۱۲c سنگین تر و سخت تر از درجه سختی مسیر ۵/۱۲a است. درجه سختی بانوان در مطالعه حاضر بین ۵/۱۰b تا ۵/۱۱d و برای آقایان بین ۵/۱۱b تا ۵/۱۳a بود. برای افزایش شدت تمرین در ۴ هفته علاوه بر افزایش تکرار حرکات، نوع حرکات و شیب دیواره نیز تغییر پیدا کرد. تمرینات در هفته‌های اول از سطوح متوسط شروع شده و به تدریج به سطوح بالاتر ارتقاء یافت. جهت محدودکردن جریان خون و افزایش فشار وارده بر عضله در گروه تمرینی با BFR، از یک کاف برزنتی محقق‌ساخته با ابعاد ۸۵ سانتی‌متر طول و شش سانتی‌متر عرض استفاده شد که درون آن یک تیوپ لاستیکی با قطر سه سانتی‌متر و طول ۱۵ سانتی‌متر قرارداشت که دارای دو مجرا بوده یکی برای ورود هوا و دیگری برای نصب بارومتر که فشار داخل آن تا ۳۰۰ میلی‌متر جیوه قابل افزایش بود. شایان ذکر است که در این پژوهش، فشار کاف از ۴۰ میلی‌متر جیوه شروع شد و هر هفته ۲۰ میلی‌متر جیوه به آن اضافه شده تا در انتها به فشار ۱۰۰ میلی متر جیوه برسد (۱۴). نمونه خون گرفته شده از ورید بازویی آزمودنی‌ها در لوله‌های حاوی ضدانعقاد اتیلن دی آمین ترا استیک اسید (EDTA)، قرار داده شد تا زمان اندازه‌گیری شاخص‌ها در دمای۸۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. جهت جداسازی سرم و اندازه‌گیری VEGF در داخل دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه و با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد استفاده گردید. غلظت VEGF سرمی با استفاده از کیت الایزای Elabscience ساخت کشور آلمان (حساسیت ۱۸/۷۵ پیکوگرم بر میلی لیتر و CV ۴/۲ درصد) و غلظت GH با استفاده از کیت الایزای کیت Diasorin ساخت کشور ایتالیا (حساسیت ۰/۰۲ نانوگرم بر میلی لیتر و CV ۴/۸ درصد) اندازه‌گیری شد. ابتدا برای تعیین توزیع طبیعی داده‌ها از آزمون کلموگروف–اسمیرنف و از آزمون تحلیل واریانس ۲×۲ و تی مستقل برای بررسی تفاوت بین مراحل و بین گروهی استفاده شد. داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ سطح معنی داری ۰/۰۵ تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها

در جدول شماره ۱ مشخصات پیکرشناختی آزمودنی‌ها ارائه شده است.

جدول شماره ۱: مشخصات آنتروپومتریکی و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها

شاخص‌ها	میانگین	انحراف استاندارد
سن (سال)	۲۷	۲/۶
وزن (کیلوگرم)	۶۲/۵	۸/۸۵
قد (سانتی‌متر)	۱۶۸/۶	۹/۷
درصد چربی	۱۶/۳	۶/۹
اکسیژن مصرفی بیشینه (میلی‌لیتر/کیلوگرم وزن بدن/دقیقه)	۴۴/۹	۵/۶

www.SID.ir

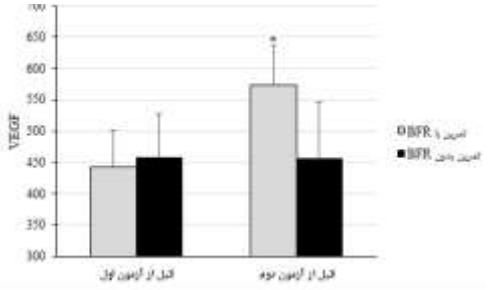
Archive of SID

همچنین، در جدول شماره ۲ مقادیر متغیر وابسته در هر دو گروه ذکر شده است. نتایج مربوط به میزان تغییرات VEGF و GH قبل و بعد از تمرینات سنگ‌نوردی با و بدون محدودیت جریان خون نشان می‌دهد که تمرینات سنگنوردی با BFR باعث افزایش سطوح پایه VEGF و GH نسبت به مرحله اول اندازه گیری گردیده است. با این حال، در گروه تمرین بدون محدودیت جریان خون شاخص های فوق تغییر معنی‌داری نداشتند.

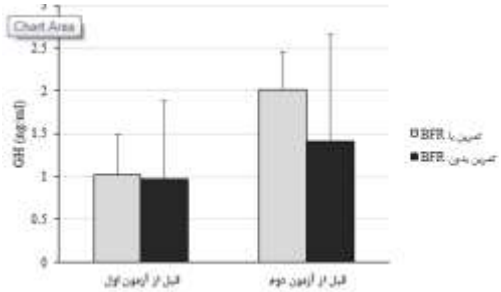
جدول شماره ۲: تغییرات هر یک از شاخص‌های اندازه‌گیری شده

شاخص‌ها	گروه	مقادیر شاخص‌ها (میانگین ± انحراف استاندارد) حالت پایه قبل از قرارداد تمرین	حالت پایه پس از قرارداد تمرین
VEGF (ng/ml)	BFR	۴۴۲/۷±۵۹/۲۶	۵۷۳/۵±۷۰/۹
	NBFR	۴۵۷/۲±۶۳/۳	۴۵۶/۰۵±۹۰/۰۳
GH (ng/ml)	BFR	۱/۰۲±۰/۴۷	۲/۰۲±۰/۹۲
	NBFR	۰/۹۷±۰/۴۴	۱/۴۱±۱/۴۵

BFR، با محدودیت جریان خون؛ NBFR، بدون محدودیت جریان خون



نمودار ۱: روند تغییرات VEGF طی مراحل اندازه‌گیری با و بدون BFR (*تفاوت معنی‌دار درون گروهی)



نمودار ۲: روند تغییرات GH طی مراحل اندازه‌گیری با و بدون BFR (*تفاوت معنی‌دار درون گروهی)

بحث

هدف از مطالعه حاضر، بررسی تأثیر چهار هفته تمرین سنگ‌نوردی با محدودیت جریان خون بر میزان VEGF و GH سرمی سنگ‌نوردان نخبه بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که پس از پروتکل هشت هفته‌ای تمرینات سنگ‌نوردی با BFR، سطوح پایه VEGF و GH افزایش یافته است در حالی که در گروه بدون محدودیت جریان خون تغییر معنی داری مشاهده نشد. در این راستا، نتیجه تحقیق حاضر مبنی بر تأثیر معنی‌دار چهار هفته تمرین سنگ‌نوردی با محدودیت جریان خون بر افزایش هورمون رشد سرمی با نتایج برخی از مطالعات قبلی از جمله Patterson و همکاران، Larkin و همکاران همسو است (۷, ۸). این نکته باید خاطر نشان شود که کاهش اکسیژن‌رسانی (سرکوب سوخت و ساز هوازی) طی تمرینات با BFR باعث افزایش موضعی تجمع لاکتات در سطح عضله فعال در فعالیت بدنی و از این طریق به افزایش ترشح GH از هیپوفیز قدامی و پاسخ ناشی از ورزش آن منجر می‌شود (۱۵). همچنین، افزایش GH در گروه تمرین ورزشی سنگنوردی بدون BFR نشان دهنده پاسخ هورمون رشد به فعالیت ورزشی شدید است. بر اساس نتایج مطالعات پیشین، افزایش GH زمانی روی می‌دهد که شدت تمرین در حد بالا و فواصل استراحت بین تمرین کوتاه (یک دقیقه) باشد . به نظر می‌رسد هنگامی که برنامه های تمرینی با شدت متوسط و دوره های کوتاه استراحت استفاده می‌شود، پاسخ GH نیز افزایش می‌یابد. حجم تمرین نیز به عنوان یک محرک قوی در پاسخ GH به شمار می رود. اسیدوز بیشتر (غلظت لاکتات خون بیشتر) به احتمال زیاد به افزایش پاسخ GH کمک می کند. اهمیت حجم تمرینی در پاسخ بیشتر GH در تعدادی از مطالعات دیگر مورد تایید قرار گرفته است. به طور معمول افزایش غلظت GH با مدت زمان فعالیت و شدت آن رابطه مستقیم دارد. همچنین، به نظر می‌رسد که پاسخ حاد هورمونی و سازش‌پذیری با آن، تا حد زیادی به نوع برنامه تمرینی وابسته است. متغیرهایی چون بار تمرین، تعداد نوبت‌ها، تعداد تکرارها، مقدار استراحت بین نوبت‌ها، حجم عضلات درگیر و تعداد جلسات در هفته از آن جمله هستند. یک توضیح دیگر برای افزایش GH پس از تمرینات ورزشی، ممکن است مربوط به افزایش هیپوگلیسمی، اثر تحریکی قشر حرکتی و فعال سازی سیستم عصبی سمپاتیک (نوراپی‌نفرین) و تاثیر آن بر هیپوتالاموس باشد. همچنین، از میزان کاهش pH ناشی از فعالیت ورزشی به عنوان عوامل اصلی مؤثر بر واکنش هورمون‌ها از جمله GH به فعالیت ورزشی نام برده شده است (۱۶). پس از تمرین در شدت بالاتر از آستانه لاکتات نشان داده است که ترشح ضربانی GH در حالت استراحت تقویت می شود (۱۷). با این حال در برخی مطالعات کاهش (۱۷) یا افزایش (۱۸) و یا عدم تاثیر (۱۹) بر GH گزارش شده است. با این حال، این تغییر ممکن است مربوط به کاهش شدت نسبی فعالیت ورزشی طی یک دوره تمرینات ورزشی باشد. هنگامی که افراد تمرین کرده با همان شدت نسبی فعالیت می کنند، برای بهبود عملکرد، یک پاسخ GH بزرگتر به محرک دیده می شود (۱۸). در این راستا، نتایج تحقیق Godfrey و همکاران نشان داد میزان ترشح هورمون رشد پس از اجرای تمرینات قدرتی با شدت متوسط و تکرار زیاد تا حد زیادی افزایش پیدا می‌کند. این محققان اصلی‌ترین دلیل این امر را به

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش میزان نیتریک اکسید (NO) و لاکتات نسبت دادند. نیتریک اکسید یکی از مهمترین انتقال دهنده‌های درون سلولی و بین سلولی است که نقش مهمی در کنترل رهاسازی هورمون رشد از محور هیپوتالاموس–هیپوفیز دارد. بنابراین، به نظر می‌رسد نیتریک اکسید می‌تواند سبب تسهیل رهاسازی هورمون رشد از هیپوفیز قدامی به گردش عمومی خون شود (۲۰). Weltmanو همکاران نیز یکی از دلایل افزایش ترشح هورمون رشد پس از تمرینات با شدت متوسط و زیاد را افزایش فعالیت دستگاه عصبی سمپاتیک عنوان کردند. افزایش فعالیت سیستم عصبی سمپاتیک سبب ترشح اپی‌نفرین، نوراپی‌نفرین و تحریک فعالیت نورون‌های مرکزی آدرنرژیک شده که درپی آن میزان ترشح هورمون رشد افزایش می‌یابد (۱۷). همچنین، یافته تحقیق حاضر با نتایج پژوهش Kim و همکاران که نشان دادند پس از تمرین قدرتی با انسداد عروقی هورمون رشد، افزایش معنی‌داری داشته است، همخوانی داشت (۲۱). افزایش معنی‌دار هورمون رشد در گروه با انسداد را می‌توان به شرایط هایپوکسی نسبت داد که موجب تجمع متابولیت‌ها و در نتیجه افزایش غلظت GH به مقدار زیادتری در مقایسه با تمرینات مقاومتی می‌شود (۲۳, ۲۲). با این حال، یافته‌های پژوهش حاضر با نتایجTakano و همکاران، Pullinen و همکاران، همسو نبود. بر اساس نتایج بسیاری از تحقیقات، دلایل این تفاوت به عوامل متعدد موثر بر ترشح این هورمون از جمله سطح تمرین، ترکیب بدنی، جنسیت و سن آزمودنی‌ها نسبت داده می‌شود (۲۵–۲۳). Silva و Lengyel نیز دلایل کاهش هورمون رشد در برخی مطالعات را پیروی کردن سنتز هورمون رشد از یک بازخورد منفی بیان کردند، بدین ترتیب که افزایش هورمون رشد باعث کاهش تحریک سنتز خود هورمون و یا باعث کاهش اثر متقابل با گیرنده‌ها در بافت‌های مختلف بدن می‌گردد (۲۶). همچنین، افزایش VEGF سرمی در گروه محدودیت جریان خون با نتایج تحقیقات Larkin و همکاران، Wang و همکاران همسو بود (۸,۲۷). هیپوکسی مهمترین محرک القای آنژیوژنز محسوب می شود و این اثر عمدتاً از طریق افزایش سطح بیان پروتئین VEGFروی می‌دهد. همچنین، یافته‌های مطالعه حاضر در راستای نتایج Chen و همکاران قرار دارد که افزایش سطح RNA پیامبر VEGF پس از هشت ساعت قرارگیری متناوب در معرض هیپوکسی متوسط (۱۵–۱۴ درصد اکسیژن) به مدت هشت هفته را گزارش کردند (۲۸). ایجاد هیپوکسی بافتی طی تمرینات ورزشی احتمالاً از طریق تنظیم افزایش و مثبت متالوپروتئینازهای ماتریکس، VEGF و نیتریک اکساید موجب فعالسازی مسیرهای افزایش رگ‌زایی ناشی هیپوکسی از طریق مسیرهای مرتبط با عامل القایی هیپوکسی (HIF-1a) می‌شود (۲۷). افزایش بیان پروتئین و غلظت VEGF طی افزایش هیپوکسی بافتی ناشی از دو عامل ذکر شده است. اول، در شرایط هیپوکسی غلظت آدنوزین درون عضله اسکلتی افزایش می‌یابد و از طریق اتصال آن به گیرنده خود (A2) باعث افزایش غلظت cAMP1 می‌شود. افزایش غلظت cAMP1 به نوبه خود موجب افزایش غلظت RNA پیامبر VEGF می‌شود. دوم، ایجاد هیپوکسی بافتی طی تمرینات ورزشی باعث افزایش غلظت HIF-1a می‌شود که این مسیر نیز به نوبه خود از طریق فعالسازی مسیر Akt باعث القا و بیان ژنی VEGF می‌شود (۲۹). با این حال، برخی مطالعات عدم تغییر معنی دار یا حتی کاهش VEGF در شرایط تمرین در وضعیت هیپوکسی را گزارش کرده‌اند (۳۰). در تبیین اختلافات مشاهده شده بین مطالعات پیشین با مطالعه حاضر می‌توان وضعیت تمرینی آزمودنی‌ها، شدت و مدت تمرینات ورزشی اشاره کرد.

نتیجه‌گیری

چهار هفته تمرین سنگ‌نوردی با محدودیت جریان خون احتمالاً می‌تواند از طریق افزایش VEGF موجب افزایش رگ‌زایی در بدن شود و به دنبال این نوع تمرینات در گروه با محدودیت جریان خون افزایش بیشتر در فاکتور رشد عروق اندوتلیالی و هورمون رشد نسبت به گروه بدون محدودیت جریان خون رخ می‌دهد.

قدردانی

مطالعه حاضر حاصل پایان‌نامه دانشجویی دکتری در دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تبریز می‌باشد. از تمام افرادی که در این تحقیق همکاری کرده‌اند، تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

ملاحظات اخلاقی

پروتکل این مطالعه مورد ندارد.

منافع متقابل

مؤلفین اظهار می‌دارند که منافع متقابلی از تالیف و یا انتشار این مقاله ندارد.

مشارکت مؤلفان

۱. م آ انتخاب موضوع، طراحی پروتکل، اجرا، تحلیل نتایج و تدوین مقاله مطالعه و ۲. ج و به عنوان استاد راهنما در انتخاب موضوع، طراحی پروتکل، تحلیل نتایج و تدوین مقاله مطالعه و و ۳ ر ا م در طراحی و اجرای پروتکل تحقیق نقش داشتند.

References

1. Wagner P D. The critical role of VEGF in skeletal muscle angiogenesis and blood flow. *Portland Press Limited* 2011.
2. Stergaard L, Tietze A, Nielsen T, Drasbek KR, Mouridsen K, Jespersen SN, et al. The relationship between tumor

www.SID.ir

Archive of SID

blood flow, angiogenesis, tumor hypoxia, and aerobic glycolysis. *Cancer res* 2013; **73**(18): 5618-5624. doi: 10.1158/0008-5472.CAN-13-0964.
3. Teixeira E L, Barroso R, Silva-Batista C, Laurentino G C, Loenneke J P, Roschel H, et al. Blood flow restriction increases metabolic stress but decreases muscle activation during high-load resistance exercise. *Muscle Nerve* 2018; **57**(1): 107-111. doi: 10.1002/mus.25616.
4. Taylor C W, Ingham S A, Ferguson R A. Acute and chronic effect of sprint interval training combined with postexercise blood-flow restriction in trained individuals. *Exp Physiol* 2016; **101**(1): 143-154. doi: 10.1113/EP085 293.
5. 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): 749-757. doi: 10.1007/s00421-016-3328-8.
6. Neto G R, Novaes J S, Dias I, Brown A, Vianna J, Cirilo-Sousa M S. Effects of resistance training with blood flow restriction on haemodynamics: a systematic review. *Clin Physiol Funct Imaging* 2016; **37**(6): 567-574. doi: 10.1111/cpf.12368.
7. Patterson S D, Leggate M, Nimmo M A, Ferguson R A. Circulating hormone and cytokine response to low-load resistance training with blood flow restriction in older men. *Eur J Appl Physiol* 2013; **113**(3): 713-719. doi: 10.1007/ s00421-012-2479-5.
8. Larkin K A, Macneil R G, Dirain M, Sandesara B, Manini T M, Buford T W. Blood flow restriction enhances post-resistance exercise angiogenic gene expression. *Med Sci Sports Exerc* 2012; **44**(11): 2077-2083. doi: 10.1249/MSS. 0b013e3182625928.
9. Basereh A, Hovanloo F, Dehghan P, Khoramipour K. Effect of blood flow restriction deal during isometric exercise on growth hormone and testosterone active males. 2016; **5**(3): 235-242. https://www.researchgate.net/ publication/308790693_Effect_of_blood_flow_restriction_ deal_during_isometric_exercise_on_growth_hormone_and _testosterone_active_males
10. Kim J, Seo BS. How to calculate sample size and why. *Clin orthop surg* 2013; **5**(3): 235-242. doi: 10.4055/cios.2013. 5.3.235.
11. Buckner S L, Dankel S J, Counts B R, Jessee M B, Mouser J G, Mattocks K T, et al. Influence of cuff material on blood flow restriction stimulus in the upper body. *J Physiol Sci* 2017; **67**(1): 207-215. doi: 10.1007/s12576-016-0457-0.
12. Papini C, Sousa N, Bertucci D, Bertolini N, Acedo L, Gobbi S. Protocols with blood flow restriction during resistance training: a systematic review. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde* 2014; **19**(6): 667. doi: 10.1111/cpf.12368.
13. Pope ZK, Willardson JM, Schoenfeld BJ. Exercise and blood flow restriction. *J Strength Cond Res* 2013; **27**(10): 2914-2926.
14. Loenneke J P, Wilson J M, Marín P J, Zourdos M C, Bemben M G. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *Eur j app physiol* 2012; **112**(5): 1849-1859. doi: 10.1007/s00421-011-2167-x.
15. Goto K, Ishii N, Kizuka T, Takamatsu K. The impact of metabolic stress on hormonal responses and muscular adaptations. *Med sci sports exerc* 2005; **37**(6): 955-963.
16. Wahl P, Zinner C, Achtzehn S, Bloch W, Mester J. Effect of high-and low-intensity exercise and metabolic acidosis on levels of GH, IGF-I, IGFBP-3 and cortisol. *Growth Horm IGF Res* 2010; **20**(5): 380-385. doi: 10.1016/j.ghir.2010.08.001.
17. Weltman A, Weltman J Y, Womack C J, Davis S E, Blumer J L, Gaesser G A, et al. Exercise training decreases the growth hormone (GH) response to acute constant-load exercise. *Med sci sports exerc* 1997; **29**(5): 669-676.
18. Bunt J, Boileau R, Bahr J ,Nelson R. Sex and training differences in human growth hormone levels during prolonged exercise. *J App Physiol* 1986; **61**(5): 1796-1801. doi: 10.1152/jappl.1986.61.5.1796
19. Kjaer M, Bangsbo J, Lortie G, Galbo H. Hormonal response to exercise in humans: influence of hypoxia and physical training. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 1988; **254**(2): R197-R203. doi: 10.1152/ajpregu.1988. 254.2.R197.
20. Godfrey R J, Madgwick Z, Whyte G P. The exercise-induced growth hormone response in athletes. *Sports Med* 2003; **33**(8): 609-613.
21. Kim E, Gregg L D, Kim L, Sherk V D, Bemben M G, Bemben D A. Hormone responses to an acute bout of low intensity blood flow restricted resistance exercise in college-aged females. *J Sports Sci Med* 2014; **13**(1): 91-96. doi: 10.1111/cpf.12368.
22. Abe T, Yasuda T, Midorikawa T, Sato Y, Inoue K, Koizumi K, et al. Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily "KAATSU" resistance training. *Intern J KAATSU Training Res* 2005; **1**(1): 6-12.
23. Takano H, Morita T, Iida H, Asada K-i, Kato M, Uno K, et al. Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *Eur J App Physiol* 2005; **95**(1): 65-73. doi: 10.3806/ijktr.1.6.
24. Pullinen T, Mero A, Huttunen P, Pakarinen A, Komi P V. Resistance exercise-induced hormonal responses in men, women, and pubescent boys. *Med sci sports exerc* 2002; **34**(5): 806-813.
25. Kraemer W J, Staron R S, Hagerman F C, Hikida R S, Fry A C, Gordon S E, et al. The effects of short-term resistance training on endocrine function in men and women. *Eur j app physiol occup physiol* 1998; **78**(1): 69-76. doi: 10.1007/s004210050389.

www.SID.ir

Archive of SID

26. Correa-Silva S R, Lengyel A M J. Influência dos glicocorticóides sobre o eixo somatotrófico. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia* 2003; doi: 10.1590/S0004-27302003000400011.
27. Wang J-S, Lee M-Y, Lien H-Y, Weng T-P. Hypoxic exercise training improves cardiac/muscular hemodynamics and is associated with modulated circulating progenitor cells in sedentary men. *Int J Cardiol* 2014; **170**(3): 315-323. doi: 10.1016/j.ijcard.2013.11.005.
28. Chen C-Y, Tsai Y-L, Kao C-L, Lee S-D, Wu M-C, Mallikarjuna K, et al. Effect of mild intermittent hypoxia on glucose tolerance, muscle morphology and AMPK-PGC-1alpha signaling. *Chin J Physiol* 2010; **53**(1): 67-72.
29. Wang J-S, Wu M-H, Mao T-Y, Fu T-c, Hsu C-C. Effects of normoxic and hypoxic exercise regimens on cardiac, muscular, and cerebral hemodynamics suppressed by severe hypoxia in humans. *J App Physiol* 2010; **109**(1): 219-229. doi: 10.1152/japplphysiol.00138.2010.
30. Lundby C ,Calbet J A, Robach P. The response of human skeletal muscle tissue to hypoxia. *Cell mol life sci* 2009; **66**(22): 3615-3623. doi: 10.1007/s00018-009-0146-8.

www.SID.ir