

## مقایسه تأثیر تمرین سنگ‌نوردی با و بدون محدودیت جریان خون بر پاسخ ناشی از ورزش عامل رشد اندوتلیالی عروق و هورمون رشد سنگ‌نوردان نخبه در یک کارآزمایی مداخله‌ای

منصور آقایی<sup>۱</sup>، جواد وکیلی<sup>۲</sup>، رامین امیرساسان<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت ۱۳۹۸/۰۱/۲۰ تاریخ پذیرش ۱۳۹۸/۰۴/۰۴

### چکیده

**پیش‌زمینه و هدف:** تمرینات ورزشی احتمالاً تأثیر عمیقی بر سطوح استراحتی و پاسخ عوامل هورمونی مرتبط با رشد به فعالیت بدنی دارد. از این رو، هدف از تحقیق حاضر، مقایسه تأثیر ۴ هفته تمرین سنگ‌نوردی با و بدون BFR بر پاسخ ورزشی عامل رشد اندوتلیالی عروق (VEGF) و هورمون رشد (GH) سنگ‌نوردان نخبه بود.

**مواد و روش کار:** در این مطالعه نیمه‌تجربی، ۲۶ سنگ‌نورد نخبه (دامنه سنی ۲۵-۳۰ سال، درصد چربی ۱۴-۸ درصد و حداقل ۴ سال سابقه تمرینی) به صورت تخصیص 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 صخره‌نوردی 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. چهار مرحله خون‌گیری در حالت پایه قبل و بلافاصله بعد از اتمام پروتکل تمرینی جهت تعیین سطوح سرمی VEGF و GH اخذ شد. در نهایت، داده‌های حاصله با استفاده از آزمون تحلیل واریانس مکرر ۲×۴ 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 ( $P < 0/05$ ). باین‌حال، سطوح پایه VEGF و GH پس از تمرینات سنگ‌نوردی بدون BFR تغییر معنی‌داری نداشت. همچنین، پاسخ لاکتات، VEGF و GH به آزمون سنگ‌نوردی تنها در گروه تمرین با BFR به طور معنی‌داری نسبت به دوره پیش‌آزمون و گروه تمرین بدون BFR کاهش یافت.

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

**کلیدواژه‌ها:** محدودیت جریان خون، سنگ‌نوردی، فاکتور رشد اندوتلیالی عروق، هورمون رشد

مجله پزشکی ارومیه، دوره سی‌ام، شماره پنجم، ص ۴۱۴-۴۰۵، مرداد ۱۳۹۸

آدرس مکاتبه: دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. تلفن: ۰۹۱۴۳۹۱۳۱۴۱

Email: vakili.tu@gmail.com

### مقدمه

آنژیوژنز به معنی شکل‌گیری مویرگ جدید از مویرگ‌های قبلی است که موجب افزایش چگالی مویرگی عضله می‌شود. 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)<sup>۴</sup> به‌عنوان قوی‌ترین میتوژن مخصوص سلول‌های اندوتلیالی عامل اصلی فرآیندهای مرتبط با آنژیوژنز است که یک گلیکوپروتئین همودایمر با وزن ۴۵

افزایش جریان خون سیستمیک و موضعی یکی از مهم‌ترین نیازهای بدن طی انواع مختلف فعالیت ورزشی و سازگاری‌های متعاقب تمرینات ورزش ایجاد می‌باشد که به تأمین مواد سوخت و سازی اندام‌ها و رفع استرس فیزیولوژیکی زمان ورزش منجر می‌شود که برای رفع این شرایط استرسی هنگام فعالیت ورزشی در ساختار عروقی عضله اسکلتی فرایندی به نام "آنژیوژنز" روی می‌هد.

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

<sup>۲</sup> استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران (نویسنده مسئول)

<sup>۳</sup> دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

<sup>۴</sup> Vascular Endothelial Growth Factor

مشابه هیپوکسی، تمرینات محدودیت جریان خون با ایجاد شرایط ایسکمی در عضله باعث به افزایش تولید اسیدلاکتیک و به دنبال آن تقویت پاسخ‌های هورمونی مرتبط با هیپوکسی و در نتیجه افزایش فعال‌سازی فرآیندهای آنژیوژنیک می‌شود. به‌طور مثال، Shimizu و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که چهار هفته تمرین مقاومتی (با ۲۰ درصد یک تکرار بیشینه) با BFR باعث افزایش بیشتر غلظت سرمی VEGF و GH افراد سالمند نسبت به گروه بدون محدودیت جریان خون شد (۶). همچنین، Patterson و همکاران (۲۰۱۳) و Larkin و همکاران (۲۰۱۲) دریافتند که افزایش غلظت VEGF سرمی مردان سالمند و جوان سالم پس از تمرینات با BFR به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه بدون محدودیت جریان خون بود (۷، ۸). باین حال، Taylor و همکاران (۲۰۱۶) و Basereh و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که تمرین کاتسو تأثیر معنی‌داری بر بیان ژن VEGF و مقادیر سرمی GH نداشته است (۵، ۹).

لذا، با توجه به افزایش روزافزون 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 (به‌ویژه در زمینه سنگ‌نوردی در داخل کشور) برای مشخص نمودن تمام جوانب این نوع تمرینات و تناقضات موجود در پیشینه پژوهشی، مطالعه حاضر باهدف تعیین تأثیر چهار هفته تمرین سنگ‌نوردی با و بدون محدودیت جریان خون بر پاسخ ورزشی عامل رشد اندوتلیالی عروق و هورمون رشد سنگ‌نوردان متعاقب یک جلسه تمرین سنگ‌نوردی نخبه انجام گرفت.

## مواد و روش کار

تحقیق حاضر در قالب یک طرح نیمه تجربی دوگروهی (گروه تمرینی با محدودیت جریان خون و گروه تمرینی بدون محدودیت جریان خون) با چهار 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

کیلودالتون است که در پاسخ به محرک‌های مانند هایپوکسی<sup>۱</sup>، فشارهای برشی<sup>۲</sup>، انقباض و کشش عضله، انواع سایتوکین‌ها<sup>۳</sup>، هورمون رشد (GH)<sup>۴</sup> و فعالیت ورزشی بر مهاجرت و تکثیر سلول‌های اندوتلیال تأثیر گذاشته و القا شود (۱). اگرچه همه این عوامل در تنظیم VEGF مشارکت دارند، اما هایپوکسی مهم‌ترین تنظیم‌کننده رگ‌زایی است (۲). همچنین، محور هورمون رشد-عامل رشد شبه انسولین-۱ (IGF-I) یکی از دیگر از مسیریهای اصلی درگیر در افزایش تولید عوامل رگ‌زایی در کنار مسیریهای مرتبط با VEGF است. محور GH/IGF-I احتمالاً از طریق فعال‌سازی فسفاتیدیل اینوزیتول-۳ کیناز<sup>۵</sup> (PI3K) و پروتئین کیناز B<sup>۶</sup> (PKB) موجب افزایش بیان پروتئین و ژن‌های درگیر در مسیریهای مرتبط با رگ‌زایی می‌شود (۳، ۴).

امروزه، در میان رشته‌های ورزشی مختلف، سنگ‌نوردی به‌عنوان یک ورزش هیجان‌انگیز و جذاب و درعین‌حال دشوار بسیار موردتوجه قرار گرفته است. هر یک از رشته‌های سنگ‌نوردی داخل سالن (سرطناب<sup>۷</sup>، بولدرینگ<sup>۸</sup> و سرعت<sup>۹</sup>) نیازمند ویژگی‌های فیزیولوژیکی و آنترپومتریکی مختص به خود هستند. بنابراین، همواره مربیان و ورزشکاران به دنبال دستیابی و استفاده از کارآمدترین روش‌های تمرینی به‌منظور کسب بهترین نتیجه و سازگاری تمرینی در مناسب‌ترین زمان ممکن هستند. به‌طوری‌که برای دسترسی به این هدف و افزایش تحمل لاکتات به تمرینات مقاومتی سنگین و انفجاری در دستگاه انرژی بی‌هوازی نیاز است. به‌تازگی، تمرینات با محدودیت جریان خون (BFR)<sup>۱۰</sup> یا تمرینات کاتسو<sup>۱۱</sup> توسط محققان به‌عنوان شیوه تمرینی جدید پیشنهاد شده است. 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، ۵). این عمل سبب ایجاد حوضچه خونی موقت در عضو شده و در پی آن تجمع مواد متابولیکی به‌ویژه اسیدلاکتیک به‌طور موضعی در عضو افزایش می‌یابد که این افزایش غلظت متابولیت‌ها، اسیدی شدن محیط داخلی عضله، افزایش یون H<sup>+</sup> و کاهش دسترسی بافتی به اکسیژن خون باعث آزادسازی هورمون‌های آنابولیکی مانند GH از محور هیپوتالاموس-هیپوفیزی و افزایش سطح VEGF می‌شود (۴، ۶).

<sup>6</sup> Protein kinase B

<sup>7</sup> Lead

<sup>8</sup> Bouldering

<sup>9</sup> Speed

<sup>10</sup> Blood Flow Restriction

<sup>7</sup> Kaatsu

<sup>1</sup> Hypoxia

<sup>2</sup> Shear Stress

<sup>3</sup> Cytokine

<sup>4</sup> Growth Hormone

<sup>5</sup> Phosphoinositide 3-kinase

سرطناب و بولدرینگ از کافها برای بستن قسمت پروگزیمال بازو استفاده شد و در زمان استراحت بین مسیرها باز شد. درحالی 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 یوسه میتی<sup>۴</sup>) 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 هفته های اول از سطوح متوسط شروع شده و به تدریج به سطوح بالاتر ارتقاء یافت.

#### روش اعمال محدودیت جریان خون:

جهت محدود کردن جریان خون و افزایش فشار وارده بر عضله در گروه تمرینی با BFR، از یک کاف برزنتی محقق ساخته با ابعاد ۸۵ سانتی متر طول و شش سانتی متر عرض استفاده شد که درون آن یک تیوپ لاستیکی با قطر سه سانتی متر و طول ۱۵ سانتی متر قرار داشت که دارای دو مجرا بوده یکی برای ورود هوا و دیگری برای نصب بارومتر که فشار داخل آن تا ۳۰۰ میلی متر جیوه قابل افزایش بود. شایان ذکر است که در این پژوهش، فشار کاف از ۴۰ میلی متر جیوه شروع شد و هر هفته ۲۰ میلی متر جیوه به آن اضافه شده تا در انتها به فشار ۱۰۰ میلی متر جیوه برسد (۱۴). چهار مرحله خون گیری در حالت پایه قبل و بلافاصله بعد از اتمام پروتکل تمرینی جهت تعیین سطوح سرمی VEGF و GH اخذ شد. نمونه های خونی در مرحله پیش از شروع طرح تحقیق، قبل و بعد از اجرای یک جلسه تمرینی با اعمال محدودیت جریان خون اخذ شدند، درحالی که نمونه های خونی پس از اتمام پروتکل تمرینی، قبل و پس از اجرای یک جلسه تمرینی بدون اعمال محدودیت جریان خون اخذ شدند. نمونه خون گرفته شده از ورید بازویی آزمودنی ها در لوله های حاوی ضد انعقاد اتیلن دی آمین تترا استیک اسید (EDTA)، قرار داده شد تا زمان اندازه گیری شاخص ها در دمای ۸۰- درجه سانتی گراد نگهداری شد. جهت جداسازی سرم و اندازه گیری VEGF در داخل

باشد، آسیب دیدگی (به ویژه در اندام فوقانی) نداشته باشند و در شش ماه گذشته مکمل یا داروی خاصی را مصرف نکرده باشند، تعداد ۳۰ نفر انتخاب شدند. آزمودنی ها بر اساس درجه سختی مسیر، اکسیژن مصرفی بیشینه (آزمون بروس روی نوارگردان) و در صد چربی بدن (با استفاده از ضخامت سنج پوستی<sup>۱</sup> و فرمول هفت نقطه ای دانشکده پزشکی ورزشی آمریکا<sup>۲</sup> به صورت تخصیص 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 روش های اندازه گیری توسط محقق، با تکمیل رضایت نامه و پرسشنامه سلامتی تحت معاینات پزشکی قرار گرفتند. پرسشنامه های و 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 جلسه ای به هر یک از افراد شرکت کننده در مطالعه مشاوره غذایی جهت اصلاح عادات غذایی و پیروی از رژیم غذایی اس تا ندارد (۴۵-۵۵) درصد کربوهیدرات، ۲۵-۲۰ درصد چربی، ۲۰-۱۵ درصد پروتئین) در نظر گرفته برای تمام آزمودنی ها داده شد تا تأثیر عامل مداخله گر محتوای رژیم غذایی به حداقل برسد. قبل از شروع تحقیق مجوز اخلاق پزشکی برای اجرای طرح از کمیته منطقه ای 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 آزمودنی ها در طی مراحل تحقیق، ۲۶ نفر برای شرکت در تحقیق انتخاب شدند.

#### برنامه تمرینی و قرارداد سنگنوردی:

برنامه تمرینی سنگنوردی شامل چهار هفته تمرین، سه جلسه ۹۰ دقیقه ای 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<sup>۳</sup> (حرکت افقی و مورب در دیواره) در شیب ۹۰ درجه و برنامه تمرین اصلی با شدت مورد نظر بود. ابتدا یک طرح تحقیق آزمایشی (Pilot study) برنامه تمرینی روی دو آزمودنی انجام شد و شدت ۶۰الی ۸۰ در صد 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 آزمودنی ها گذاشته شد. در گروه با BFR، حین صعود مسیرهای

<sup>3</sup> Traverse

<sup>4</sup> Yosemite

<sup>1</sup> Caliper

<sup>2</sup> American College of Sports Medicine (ACSM)

بررسی تفاوت بین مراحل و بین گروهی استفاده شد. داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ سطح معنی‌داری ۰/۰۵ تجزیه و تحلیل شدند.

### یافته‌ها

در جدول شماره ۱ مشخصات پیکرشناختی آزمودنی‌ها پیش از شروع طرح تحقیق ارائه شده است.

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-اسمیرنوف و از آزمون تحلیل واریانس ۲×۴ و تی مستقل برای

جدول (۱): مشخصات آنترپومتریکی 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

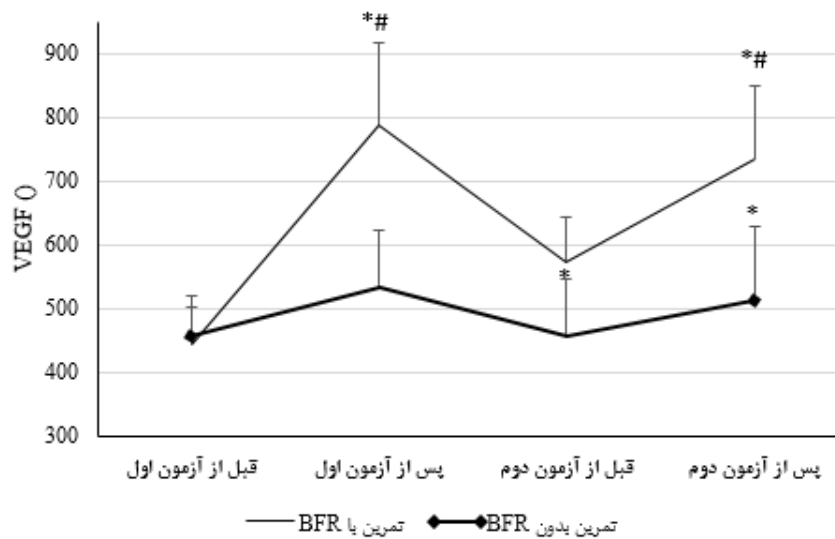
معنی‌داری نسبت به دوره پیش‌آزمون و گروه کنترل کاهش یافت و تغییر معنی‌داری در پاسخ این عوامل هورمونی پس از هشت هفته تمرین سنگ‌نوردی بدون BFR مشاهده نشد (نمودار ۱ و ۲). علاوه بر این، پس از یک وهله سنگ‌نوردی با و بدون محدودیت جریان خون غلظت لاکتات به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و هشت هفته تمرین سنگ‌نوردی با BFR باعث کاهش معنی‌دار پاسخ لاکتات گردید.

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 اندازه‌گیری گردیده است. با این حال، در گروه تمرین بدون محدودیت جریان خون شاخص‌های فوق تغییر معنی‌داری نداشتند. همچنین، پاسخ GH تنها در گروه تمرین با BFR به‌طور

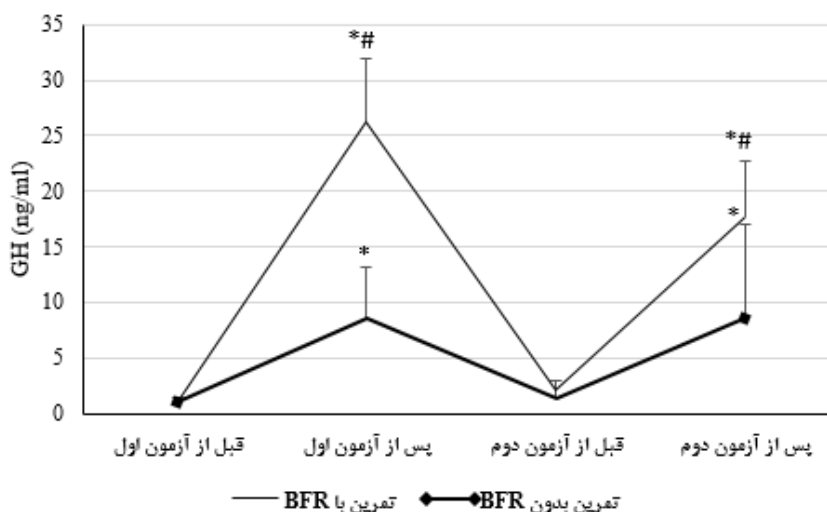
جدول (۲): تغییرات هر یک از شاخص‌های اندازه‌گیری شده

شاخص‌ها	گروه	مقادیر شاخص‌ها (میانگین ± انحراف استاندارد)			
		حالت پایه قبل از	بلافاصله پس از	حالت پایه پس از	بلافاصله پس از
VEGF (ng/ml)	BFR	۴۴۲/۷±۵۹/۲۶	۷۸۷/۷±۱۲۷/۶	۵۷۳/۵±۷۰/۹	۷۳۵/۵±۱۱۲/۳
	NBFR	۴۵۷/۲±۶۳/۳	۵۳۱/۹±۹۱/۳	۴۵۶/۰۵±۹۰/۰۳	۵۱۲/۴±۱۱۶/۴
GH (ng/ml)	BFR	۱/۰۲±۰/۴۷	۲/۶±۰/۶۲	۲/۰۲±۰/۹۲	۱۷/۷۹±۵/۰۸
	NBFR	۰/۹۷±۰/۴۴	۸/۵۶±۴/۷۲	۱/۴۱±۱/۴۵	۸/۵۱±۴/۷۸
لاکتات (میلی‌مول / لیتر)	BFR	۱/۸۸±۰/۴	۸/۴۷±۰/۸۹	۱/۷۵±۰/۳	۳/۰۸±۰/۵۵
	NBFR	۱/۸۳±۰/۴	۵/۵۱±۰/۷۴	۱/۹۳±۰/۳۳	۵/۷۷±۰/۷۸

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، # تفاوت بین گروهی)



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

## بحث و نتیجه‌گیری

هدف از مطالعه حاضر، بررسی تأثیر چهار هفته تمرین سنگ‌نوردی با محدودیت جریان خون بر پاسخ VEGF و GH سرمی سنگ‌نوردان نخبه به یک وهله فعالیت ورزشی سنگ‌نوردی بود. بر اساس نتایج مطالعه حاضر پس از هشت هفته تمرین سنگ‌نوردی با BFR، سطوح پایه VEGF و GH افزایش یافته است، ولی تمرین سنگ‌نوردی بدون BFR باعث تغییر معنی‌دار عوامل هورمونی فوق‌الذکر نگردید. همچنین، پاسخ لاکتات، VEGF و GH تنها در گروه تمرین با BFR به طور معنی‌داری

کاهش یافت و تغییر معنی‌داری در پاسخ این عوامل هورمونی پس از هشت هفته تمرین سنگ‌نوردی بدون BFR روی نداد. نتیجه مطالعه حاضر مبنی بر کاهش معنی‌دار پاسخ عوامل هورمونی فوق‌الذکر پس از چهار هفته تمرین سنگ‌نوردی با محدودیت جریان خون با نتایج برخی از مطالعات قبلی از جمله Patterson و همکاران (۲۰۱۳) و Larkin و همکاران (۲۰۱۲) همسو است (۷، ۸). برای نمونه، Godfrey و همکاران گزارش کردند که میزان ترشح هورمون رشد پس از اجرای تمرینات قدرتی با شدت متوسط و تکرار زیاد (همانند یک وهله فعالیت بدنی

GH پس از فعالیت ورزشی، مربوط به افزایش هیپوگلیسمی، اثر تحریکی قشر حرکتی و فعال سازی سیستم عصبی سمپاتیک (نوراپی نفرین) و تأثیر آن بر هیپوتالاموس است. به نظر می‌رسد شدت تمرین مهم‌ترین عامل مؤثر در افزایش ترشح GH است و اسیدوز بیشتر (در نتیجه شدت بالاتر و غلظت لاکتات خون بیشتر) به احتمال زیاد به افزایش پاسخ GH کمک می‌کند. همچنین، دوره‌های کوتاه استراحت استفاده می‌شود، پاسخ GH نیز افزایش می‌یابد. حجم تمرین نیز به‌عنوان یک محرک قوی در پاسخ GH به شمار می‌رود. از این‌رو، افزایش غلظت GH با مدت‌زمان 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. همچنین، از میزان کاهش pH ناشی از فعالیت ورزشی به‌عنوان عوامل اصلی مؤثر بر واکنش هورمون‌ها از جمله GH به فعالیت ورزشی نام برده شده است. با این حال، این نکته باید خاطر نشان شود که کاهش پاسخ این عوامل هورمونی مرتبط با رشد سیستمیک و عروقی احتمالاً ناشی از افزایش حساسیت گیرنده‌های هورمونی و در نتیجه نیاز به افزایش کم‌تر این عوامل هورمونی برای دستیابی به اثر مشابه است (۲۶). همچنین، یکی دیگر از دلایل کاهش پاسخ عوامل هورمونی 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 می‌کنند، برای دستیابی به یک پاسخ GH مشابه باید شدت تمرینی بالاتری را انجام دهند (۲۳). به طوری که در مطالعه حاضر در ابتدا پاسخ GH به یک جلسه تمرین سنگ‌نوردی با محدودیت جریان خون ارزیابی شد، در حالی پس از اتمام پروتکل تمرینی پاسخ آن به یک جلسه تمرینی ورزشی بدون BFR مورد سنجش قرار گرفت.

همچنین، افزایش غلظت VEGF سرمی پایه و کاهش پاسخ ناشی از ورزش آن در گروه محدودیت جریان خون با نتایج تحقیقات Larkin و همکاران (۲۰۱۲) و Wang و همکاران (۲۰۱۴) هم‌راستا بود (۸، ۲۷). در این زمینه می‌توان خاطر نشان کرد که هیپوکسی موضعی در سطح بافت مهم‌ترین عامل و محرک القای آنژیوژنز عروقی از طریق افزایش سطح بیان و غلظت پروتئین VEGF است. همچنین، یافته‌های مطالعه حاضر در راستای نتایج Chen و همکاران (۲۰۱۰) 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

سنگ‌نوردی) افزایش معنی‌داری می‌یابد. در این مطالعه، اصلی‌ترین دلیل افزایش میزان ترشح هورمون رشد به افزایش میزان نیتریک اکسید (NO) و لاکتات نسبت داده شده است. نیتریک اکسید به‌عنوان یکی از مهم‌ترین انتقال‌دهنده‌های درون سلولی و بین سلولی نقش مهمی در کنترل رها سازی هورمون رشد از محور هیپوتالاموس-هیپوفیز دارد (۱۵). Weltman و 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 در پی آن میزان ترشح هورمون رشد افزایش می‌یابد (۱۶). همچنین، در راستای یافته مطالعه حاضر Kim و همکاران گزارش کردند که غلظت هورمون رشد پس از یک وهله تمرین مقاومتی با BFR به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است (۱۷). افزایش معنی‌دار هورمون رشد در گروه با انسداد را می‌توان به شرایط هیپوکسی نسبت داد که موجب تجمع متابولیت‌ها و در نتیجه افزایش غلظت GH به مقدار زیادتری در مقایسه با تمرینات مقاومتی می‌شود (۱۸، ۱۹). با این حال، یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج Takano و همکاران (۱۹)، Pullinen و همکاران (۲۰)، همسو نبود. بر اساس نتایج بسیاری از تحقیقات، دلایل این تفاوت به عوامل متعدد مؤثر بر ترشح این هورمون از جمله سطح تمرین، ترکیب بدنی، جنسیت و سن آزمودنی‌ها نسبت داده می‌شود (۲۱). 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 (۲۲). با این حال در برخی مطالعات کاهش (۱۶) یا افزایش (۲۳) و یا عدم تأثیر (۲۴) بر GH گزارش شده است.

این نکته شایان ذکر است که افزایش موضعی تجمع لاکتات عضلانی طی فعالیت بدنی بر اثر ایسکمی و کاهش جریان خون عضلات فعال (افزایش سوخت و ساز بی‌هوازی) حین تمرینات ورزشی با BFR باعث افزایش ترشح GH از هیپوفیز قدامی به درون گردش خون عمومی و در نتیجه تقویت پاسخ ناشی از ورزش آن به انجام یک وهله فعالیت ورزشی حاد می‌شود (۲۵). همچنین، افزایش GH در گروه تمرین ورزشی سنگ‌نوردی بدون BFR نشان‌دهنده پاسخ هورمون رشد به فعالیت ورزشی شدید است. افزایش GH طی یک وهله حاد فعالیت بدنی شدید ممکن است بر اثر فعال سازی دستگاه عصبی سمپاتیک و متعاقب آن افزایش ترشح آن می‌شود. بنابراین، یکی دیگر از دلایل احتمالی افزایش

چهار هفته تمرین سنگ‌نوردی با محدودیت جریان خون به ترتیب باعث افزایش و کاهش سطوح پایه (استراحتی) و پاسخ ناشی از ورزش لاکتات، GH و VEGF می‌گردد که احتمالاً نشان‌دهنده سازگاری تمرینی و بهبود حساسیت بافت به افزایش غلظت هورمون‌ها و نیاز به مقادیر کم‌تر آن است. از این‌رو، تمرین با BFR احتمالاً روش مناسبی برای دستیابی کارآمدتر به سازگاری‌های تمرینی است، باین‌حال تا زمان انجام مطالعات بیشتر نتایج مطالعه حاضر باید با احتیاط مورد استفاده قرار گیرد.

### تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر حاصل رساله دانشجویی دکتری در دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تبریز می‌باشد. از تمام افرادی که در این تحقیق همکاری کرده‌اند تشکر و قدر دانی به عمل می‌آید.

منابع مالی: منابع مالی این طرح تحقیقاتی توسط نویسندگان تأمین شده است.

منافع متقابل: مؤلف اظهار می‌دارد که منافع متقابلی از تألیف و یا انتشار این مقاله ندارد.

احتمالاً از طریق تنظیم افزایش و مثبت متالوپروتئینازهای ماتریکس، VEGF و نیتریک اکساید موجب فعال‌سازی مسیرهای افزایش رگ زایی ناشی هیپوکسی از طریق مسیرهای مرتبط با عامل القایی هیپوکسی (HIF-1 $\alpha$ ) 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 آدنوزین منوفسفات حلقوی (cAMP1) به نوبه خود موجب افزایش غلظت RNA پیامبر VEGF می‌شود. دوم، ایجاد هیپوکسی بافتی طی تمرینات ورزشی باعث افزایش غلظت HIF-1 $\alpha$  می‌شود که این مسیر نیز به نوبه خود از طریق فعال‌سازی مسیر Akt باعث القا و بیان ژنی VEGF می‌شود (۲۹). باین‌حال، برخی مطالعات عدم تغییر معنی‌دار 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.

### References:

1. Wagner PD. The critical role of VEGF in skeletal muscle angiogenesis and blood flow. Portland Press Limited; 2011.
2. Ostergaard L, Tietze A, Nielsen T, Drasbek KR, Mouridsen K, Jespersen SN, et al. The relationship between tumor blood flow, angiogenesis, tumor hypoxia, and aerobic glycolysis. *Cancer Res* 2013;73(18):5618–24.
3. Teixeira EL, Barroso R, Silva-Batista C, Laurentino GC, Loenneke JP, Roschel H, et al. Blood flow restriction increases metabolic stress but decreases muscle activation during high-load resistance exercise. *Muscle Nerve* 2018;57(1):107–11.
4. Neto GR, Novaes JS, Dias I, Brown A, Vianna J, Cirilo-Sousa MS. Effects of resistance training with blood flow restriction on haemodynamics: a systematic review. *Clin Physiol Funct Imaging* 2017;37(6):567–74.
5. Taylor CW, Ingham SA, Ferguson RA. Acute and chronic effect of sprint interval training combined with postexercise blood-flow restriction in trained individuals. *Exp Physiol* 2016;101(1): 143-54.
6. 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.
7. Patterson SD, Leggate M, Nimmo MA, Ferguson RA. Circulating hormone and cytokine response to low-load resistance training with blood flow restriction in older men. *Eur J Appl Physiol* 2013;113(3): 713-9.
8. 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.

9. Basereh A, Ebrahim KH, Hovanloo F, Dehghan P, Khoramipour K. Effect of blood flow restriction deal during isometric exercise on growth hormone and testosterone active males. *Sport Physiology* 2017; 9(33): 51-68.
10. Kim J, Seo BS. How to calculate sample size and why. *Clin orthop surg* 2013;5(3): 235-42.
11. Buckner SL, Dankel SJ, Counts BR, Jessee MB, Mouser JG, Mattocks KT, et al. Influence of cuff material on blood flow restriction stimulus in the upper body. *J Physiol Sci* 2017;67(1): 207-15.
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.
13. Pope ZK, Willardson JM, Schoenfeld BJ. Exercise and blood flow restriction. *J Strength Cond Res* 2013;27(10): 2914-26.
14. Loenneke JP, Wilson JM, Marin PJ, Zourdos MC, Bemben MG. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *Eur J App Physiol* 2012;112(5): 1849-59.
15. Godfrey RJ, Madgwick Z, Whyte GP. The exercise-induced growth hormone response in athletes. *Sports Med* 2003;33(8): 599-613.
16. Weltman A, Weltman JY, Womack CJ, Davis SE, Blumer JL, Gaesser GA, et al. Exercise training decreases the growth hormone (GH) response to acute constant-load exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29(5): 669-76.
17. Kim E, Gregg LD, Kim L, Sherk VD, Bemben MG, Bemben DA. 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): 91-6.
18. 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. *Int J KAATSU Train Res* 2005;1(1): 6-12.
19. 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.
20. Pullinen T, Mero A, Huttunen P, Pakarinen A, Komi PV. Resistance exercise-induced hormonal responses in men, women, and pubescent boys. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34(5): 806-13.
21. Kraemer WJ, Staron RS, Hagerman FC, Hikida RS, Fry AC, Gordon SE, 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.
22. Correa-Silva SR, Lengyel AMJ. Influência dos glicocorticóides sobre o eixo somatotrófico. Influence of glucocorticoids on the somatotrophic axis [Internet] 2003 [cited 2019 Aug 31]; Available from: <http://repositorio.unifesp.br/handle/11600/1818>
23. 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): 1796-801.
24. Kjaer M, Bangsbo J, Lortie G, Galbo H. Hormonal response to exercise in humans: influence of hypoxia and physical training. *American J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 1988;254(2): R197-R203.
25. 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): 955-63.
26. 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): 380-5.



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): 315-23.
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): 62-71.
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): 219-29.
30. Lundby C, Calbet JA, Robach P. The response of human skeletal muscle tissue to hypoxia. *Cell Mol Life Sci* 2009;66(22): 3615-23.

## THE EFFECT OF ROCK CLIMBING WITH OR WITHOUT BLOOD FLOW RESTRICTION ON EXERCISE INDUCED RESPONSES OF VASCULAR ENDOTHELIAL GROWTH FACTOR AND GROWTH HORMONE IN ELITE CLIMBERS: AN INTERVENTION TRIAL

Mansour Aghaei<sup>1</sup>, Javad Vakil<sup>2\*</sup>, Ramin Amirsasan<sup>3</sup>

Received: 08 Apr, 2019; Accepted: 25 June, 2019

### Abstract

**Background & Aims:** Angiogenesis and increased capillary density of skeletal muscle are the potential physiological changes that occur during the flow restriction exercise. Therefore, this study aimed to evaluate the effect of four weeks of rock climbing with or without blood flow restriction (BFR) on vascular endothelial growth factor (VEGF) and Growth Hormone (GH) in elite climbers.

**Materials & Methods:** In this semi-experimental study, 26 male and female elite climbers (aged 25-30 years; body fat percent 8-14%; with 4 years of athletic training) in a randomized and double-blind design were divided into two groups: rock climbing with BFR, and rock climbing without blood flow restriction (NBFR). The training protocol included three sessions per week for 4 weeks of rock climbing with severity of 80-60% of 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 4 phases: before and immediately after rock climbing protocols. VEGF and GH were analyzed. Finally, Data were analyzed using independent T-test. The significance level was set at  $p < 0.05$ .

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

**Conclusion:** Based on the results, it can be concluded that rock climbing with BFR could increase angiogenesis process by increasing basal levels of GH and VEGF.

**Keywords:** Blood Flow Restriction, Rock Climbing, Vascular Endothelial Growth Factor, Growth Hormone.

**Address:** Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran

**Tel:** +989143913141

**Email:** vakili.tu@gmail.com

SOURCE: URMIA MED J 2019; 30(5): 414 ISSN: 1027-3727

<sup>1</sup> MSc in Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran

<sup>2</sup> Assistant Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran (Corresponding Author)

<sup>3</sup> Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran