دانشگاه شهید بهشتی

فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی

پاییز و زمستان ۱۳۹۹، دوره ۱۳، شماره ۲، صفحه‌های: ۸۵-۷۵

# تأثیر چهار هفته سنگ‌نوردی با و بدون محدودیت جریان خون بر مقادیر سرمی پروتئین واکنشگر C، لاکتات دهیدروژناز و کراتین کیناز سنگ‌نوردان نخبه

**فاطمه حلال‌خور[۱*]، منصور اقایی[۲]، جواد وکیلی[۲]**

۱ دانشکدهٔ علوم تربیتی و روان‌شناسی ورزشی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.

۲ دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

*نویسندهٔ مسئول: فاطمه حلال خور، شماره تماس: ۰۴۱ ۴۲۲۴۱۰۹۹، رایانامه: fateme.halalkhor@gmail.com

دریافت مقاله: ۱۰ /۰۶ /۱۳۹۷ ویرایش مقاله: ۱۲ /۱۰ /۱۳۹۷ پذیرش مقاله: ۱۴ /۱۱ /۱۳۹۷

**چکیده**

**هدف:** تمرینات ورزشی با محدودیت جریان خون با تغییر ایمنی‌شناختی و همچنین تغییر در شاخص‌های التهابی و آسیب عضلانی همراه است، ازاین‌رو هدف از مطالعهٔ حاضر، بررسی تأثیر ۴ هفته سنگ‌نوردی با و بدون محدودیت جریان خون بر میزان شاخص‌های CK، LDH و CRP ناشی از فعالیت ورزشی در سنگ‌نوردان نخبه بود.

**روش‌ها:** ۱۲ زن و ۱۲مرد سنگ‌نورد با سابقهٔ حداقل ۴ سال و دامنهٔ سنی ۳۲ /۲±۵۴ /۲۳ تا ۳۸ /۳±۱۸ /۲۷ سال و درصد چربی ۱۲ /۱±۲۲ /۸ تا ۱۸ /۱±۱۹ /۱۴ درصد به‌صورت هدفمند از بین سنگ‌نوردان نخبه انتخاب شدند و با تخصیص تصادفی در یکی از دو گروه تمرین با محدودیت جریان خون و تمرین بدون محدودیت جریان خون قرار گرفتند. برنامهٔ تمرین به مدت ۴ هفته انجام گرفت (با شدت ۶۰ - ۸۰ درصد درجهٔ سختی مسیر به مدت ۹۰ دقیقه و ۳ جلسه در هفته). نمونهٔ خونی در دو مرحله (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) در وضعیت نشسته و در حال استراحت به‌منظور تعیین مقدار لاکتات دهیدروژناز، کراتین‌کیناز، لاکتات خون و پروتئین واکنشگر C دریافت شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از آزمون تی مستقل برای مقایسهٔ میانگین‌ها و آزمون کولموگروف اسمیرنوف برای بررسی همگنی دو گروه در سطح معناداری ۰۵ /۰ ≥P استفاده شد.

**نتایج:** نتایج نشان داد شاخص آسیب عضلانی CK، LDH و شاخص التهابی CRP در پاسخ به تمرین سنگ‌نوردی با و بدون محدودیت جریان خون بین دو گروه تفاوت معناداری نداشت (۰۵ /۰<p).

**نتیجه‌گیری:** با توجه به نتایج این پژوهش سنگ‌نوردی با محدودیت جریان خون نسبت به بدون محدودیت جریان خون سبب افزایش شاخص‌های التهابی و آسیب عضلانی نمی‌شود، احتمالاً این شیوهٔ تمرینات از منظر فشار مکانیکی و متابولیکی ناشی از فعالیت ورزشی برای سنگ‌نوردان ایمن است.

**واژه‌های کلیدی:** آسیب عضلانی، سنگ‌نوردی، شاخص‌های التهابی، محدودیت جریان خون.

**مقدمه**

سنگ‌نوردی داخل سالن دارای سه رشته سر طناب[1]، بولدرینگ[2] و سرعت[3] است و مطالعات موجود روی سنگ‌نوردان زن و مرد نخبه حاکی از آن است که این ورزشکاران دارای وزن کم، قد متوسط، قدرت پنجه زیاد، درصد چربی و شاخص توده بدنی پایین هستند (۱-۳). به‌علاوه، این رشته ورزشی اغلب با تکیه بر انقباضات ایستا و پویای ساعد و بالاتنه انجام می‌گیرد که انجام این نوع تمرینات سنگ‌نوردی نسبتاً شدید سبب برهم خوردن تعادل اسیدی- بازی (انباشت اسید لاکتیک تا ۱۱ میلی‌مول بر لیتر) و افزایش غلظت شاخص‌های فشار مکانیکی و متابولیکی مانند لاکتات، لاکتات دهیدروژناز[4]، کراتین کیناز[5] و پروتئین واکنشگر C[6] در پلاسما می‌شود (۴، ۵). اگرچه برخی از این شاخص‌ها نشان‌دهنده تغییرات ابتدایی در افزایش توده عضلانی است، بیانگر اعمال فشارهای مکانیکی متابولیکی و اختلال در بازیافت مکانیکی و متابولیکی عضله نیز هستند و سبب کاهش حجم تمرین می‌شوند؛ بنابراین، نیاز به طراحی روش‌های ایمن و مؤثر برای افراد ورزشکار که به افزایش قدرت عضلانی نیاز دارند، اما تمایل و تحمل این‌گونه آسیب‌های عضلانی را ندارند، ضرورت می‌یابد (۶). ازاین‌رو محققان گزارش کردند که برای نیل به آستانه لاکتات و ظرفیت تحمل لاکتات بیشتر به تمرینات مقاومتی سنگین و انفجاری در سیستم بی‌هوازی نیاز است. یکی از شیوه‌های تمرینی جدید که این سیستم را بهبود می‌بخشد، تمرینات محدود کردن جریان خون (BFR)[7] معروف به تمرینات کاتسو[8] است (۷، ۸). در این روش تمرینی که با شدت ۱۰- ۴۰ درصد حداکثر قدرت بیشینه انجام می‌گیرد، جریان خون ورودی به عضله فعال از طریق بستن کاف یا کش (تورنیکت) لاستیکی انعطاف‌پذیر به دور قسمت پروگزیمال بازو یا ران، محدود یا متوقف می‌شود (۹، ۱۰). این عمل سبب ایجاد حوضچه خونی موقت در عضو می‌شود و در پی آن تجمع مواد متابولیکی به‌ویژه اسید لاکتیک به‌طور موضعی در عضو افزایش می‌یابد (۱۱-۱۳). تمرینات کاتسو تمرینی مفید و مؤثر برای بهبود عوامل جسمانی مختلف است و سبب افزایش قدرت و هیپرتروفی عضلانی می‌شود. بر این اساس، مطالعات نشان می‌دهند چنانچه یک برنامه تمرینی با شدت کمتر (برای مثال کمتر از ۳۰ درصد 1RM)، اما همراه با انسداد عروق انجام گیرد، فشار کمتری بر مفاصل و لیگامنت‌ها وارد شده و به بروز آسیب کمتری منجر خواهد شد، اما در همان حالت نیز از تحریک کافی برای افزایش حجم و قدرت عضلانی برخوردار خواهد بود (۱۴). ازاین‌رو تمرینات با شدت ۲۰ تا ۳۰ درصد 1RM همراه با محدودیت جریان خون در عضلات، به‌عنوان روش تمرینی جدید به‌منظور جایگزینی تمرینات سنتی معرفی شده است (۱۵)، اما تمرینات با شدت زیاد همراه با محدودیت جریان خون در عضلات کمتر بررسی شده است که برخی مطالعات حاکی از آن است که با آسیب و التهاب عضلانی کمتری همراه است، درحالی‌که برخی دیگر به یافته‌های متناقضی دست یافته‌اند. در همین زمینه ویلسون[9] و همکاران (۲۰۱۳) (۱۶) و تیباید[10] و همکاران (۲۰۱۳) (۱۷) با مطالعه روی افراد غیرفعال و اجرای تمرینات مقاومتی با ۳۰ درصد 1RM اعلام کردند تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون سبب افزایش کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز می‌شود. درحالی‌که مدرام[11] و همکاران (۲۰۱۳) با مطالعه روی ۵۷ نفر و اجرای تمرینات مقاومتی با شدت ۲۰ درصد 1RM تغییر معناداری در مقدار شاخص CRP افراد با محدودیت جریان خون یافت نکردند (۱۸). همچنین تاکاردا و همکاران (۲۰۰۰) با مطالعه روی افراد تمرین‌کرده ۲۰ تا ۲۲ سال و اجرای تمرینات مقاومتی با شدت ۲۰ درصد 1RM اعلام کردند که تمرینات با محدودیت جریان خون تغییر معناداری در مقدار کراتین کیناز سرمی و پراکسیداسیون لیپیدی[12] ایجاد نمی‌کند (۱۹)

با توجه به افزایش چشمگیر علاقه‌مندی به سنگ‌نوردی داخل سالن به شکل تفریحی و حرفه‌ای در سال‌های اخیر (۲۰، ۲۱)، همچنین، به‌دلیل مدال‌آور بودن این رشته ورزشی و به‌سبب اولین حضور در المپیک ۲۰۲۰ توکیو، همه کشورها سرمایه‌گذاری‌های زیادی را در این زمینه انجام داده‌اند (۲۲). ورود ورزش سنگ‌نوردی به المپیک توجه به این رشته را دوچندان می‌کند و پژوهش‌های زیادی اثربخشی و سودمندی تمرینات کاتسو را نشان داده‌اند و نیز با توجه به اینکه پژوهش‌ها تمرکز و رویکرد خود را به سمت ایمنی و سلامت این تمرینات در دستگاه قلبی - عروقی (مرکزی و محیطی)، آسیب‌های عضلانی، فشار اکسایشی و هدایت عصبی معطوف کرده‌اند، اما پژوهش‌های صورت‌گرفته تاکنون بیشتر بر روی ترکیب تمرین مقاومتی همراه با انسداد عروقی اندام‌های فوقانی و تحتانی به‌صورت مجزا تمرکز داشته و اغلب روی افراد

غیرفعال بوده است. بررسی پیشینه تحقیقی در زمینه انسداد عروقی اندام فوقانی و ارزیابی پروتئین واکنشگر C و لاکتات دهیدروژناز و کراتین کیناز و لاکتات عضلانی ورزشکاران مرد و زن سنگ‌نورد نخبه تحقیقی یافت نشده است. بنابراین پژوهش حاضر با هدف تعیین تأثیر ۴ هفته سنگ‌نوردی با و بدون محدودیت جریان خون بر مقدار شاخص‌های آسیب سلولی و التهابی سنگ‌نوردان نخبه انجام گرفت.

## روش پژوهش

### نمونه‌های پژوهش

تحقیق حاضر در قالب طرح نیمه‌تجربی دوگروهی (گروه تمرینی با محدودیت جریان خون و گروه تمرینی بدون محدودیت جریان خون) با اندازه‌گیری‌های دومرحله‌ای انجام گرفت. جامعه آماری تحقیق تمامی زنان و مردان (۲۳) داوطلب سنگ‌نوردی بودند که حداقل ۴ سال سابقه فعالیت در رشته سنگ‌نوردی داشتند و درجه سختی صعود آن‌ها بین b ۱۰/۵ و a ۱۳/۵ قرار داشت. این افراد در دامنه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال قرار داشتند و برای مسابقات استانی و کشوری در سالن‌های سنگ‌نوردی مشغول به تمرین بودند. سنگ‌نوردانی که دارای آسیب ورزشی و خارج از محدوده درجه سختی مسیر ذکرشده بودند، از مطالعه کنار گذاشته شدند. روش نمونه‌گیری به‌صورت غیرتصادفی از بین افراد داوطلب شرکت در مطالعه بود. حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزارهای MedCal نسخه ۱۰،۰،۲،۰ و براساس مطالعات قبلی با احتساب سهم اثر ۰/۵ و درنظر گرفتن خطای نوع اول ۰/۰۵ و توان آزمون ۸۰ صدم ۲۰ نفر تعیین شد. البته به‌منظور جلوگیری از افت احتمالی آزمودنی‌ها در طی مراحل تحقیق، ۳۰ نفر برای شرکت در تحقیق انتخاب شدند. همگن‌سازی آزمودنی‌ها با استفاده از ویژگی‌های فردی از جمله جنس، وزن، درجه سختی مسیر، اکسیژن مصرفی بیشینه (آزمون بروس روی نوار گردان) و درصد چربی بدن (با استفاده از ضخامت‌سنج پوستی[۱۳] و فرمول هفت‌نقطه‌ای دانشکده پزشکی ورزشی آمریکا[۱۴]) انجام گرفت و سپس آزمودنی‌ها با تخصیص تصادفی در یکی از دو گروه تمرینی قرار گرفتند. همه افراد انتخاب‌شده 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 سه‌روزه دریافت غذایی بین افراد توزیع شد. رژیم غذایی افراد توسط کارشناس تغذیه آنالیز شد و پیش از شروع تمرین، طی جلسه‌ای به تک‌تک افراد شرکت‌کننده در مطالعه مشاوره غذایی به‌منظور اصلاح عادات غذایی داده شد. قبل از شروع تحقیق مجوز اخلاق پزشکی برای اجرای طرح از دانشگاه علوم پزشکی تبریز اخذ شد.

### پروتکل پژوهش

برنامه تمرینی سنگ‌نوردی شامل ۱۲ جلسه تمرین ۹۰ دقیقه‌ای، ۳ جلسه در هفته و به مدت ۴ هفته بود. هر جلسه تمرینی شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن عمومی و ۱۰ دقیقه گرم کردن اختصاصی روی دیواره شامل تراورس[۱۵] (حرکت افقی و مورب در دیواره) در شیب ۹۰ درجه بود و برنامه تمرین اصلی با توجه به درجه سختی مسیر سنگ‌نوردان ارائه شد. با توجه به اینکه در این زمینه تحقیقی یافت نشده بود، بعد از مطالعات مقدماتی روی دو آزمودنی (pilot study) برنامه تمرینی با شدت ۶۰ - ۸۰ درصد درجه سختی مسیر برای آزمودنی‌ها هدف‌گذاری شد.

یک هفته پیش از آزمون، جلسه آشنایی با برنامه تمرینی و شیوه تمرین برای آزمودنی‌ها گذاشته شد. در گروه با محدودیت جریان خون، حین صعود مسیرهای سرطناب (صعود با استفاده از تجهیزات خاص سنگ‌نوردی و طناب صعود) و بولدرینگ (صعود بدون استفاده از طناب مسیرهای سنگ‌نوردی با تعداد حرکت متوسط ۸ تا ۱۲ تایی و تشک ایمن) از کاف‌ها برای بستن قسمت پروگزیمال بازو استفاده شد. علت انتخاب اندام فوقانی برای بستن کاف این است که بیشترین انقباضات در سنگ‌نوردی به‌صورت ایزومتریک در قسمت بالاتنه و اندام فوقانی صورت می‌گیرد و در زمان استراحت بین مسیرها باز شد. درحالی‌که گروه بدون محدودیت جریان خون بدون استفاده از کاف‌ها برنامه تمرینی خود را انجام دادند.

شایان توضیح است که سنگ‌نوردان برای درک بهتر سختی مسیر و مقدار توان لازم برای صعود، از زبان مشترکی برای مشخص کردن سختی مسیرهای سنگ‌نوردی تحت عنوان درجه‌بندی سختی مسیرها استفاده می‌کنند که در ایران معمولاً از سامانه اعشاری یوسه‌میتی استفاده می‌شود که از ۱/۵ شروع می‌شود و تا ۱۵/۵ ادامه می‌یابد و سطوح متوسط بین ۱۰/۵ تا ۱۵/۵ با حروف a،b،c و d

طبقه‌بندی شده است. به‌طور مثال درجه سختی مسیر ۵/۱۲c سنگین‌تر و سخت‌تر 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 ۵/۱۲d قرار داشت. قرارداد سنگ‌نوردی که پس از ۴ هفته تمرین سنگ‌نوردی انجام گرفت، شامل ۵ مسیر بولدرینگ با درجه سختی مسیر ۵/۱۰b تا ۵/۱۱c برای بانوان و برای مردان با درجه سختی مسیر ۵/۱۱c تا ۵/۱۲c توسط تیم طراحی درنظر گرفته شد. برای افزایش شدت تمرین در ۴ هفته علاوه‌بر افزایش تکرار حرکات، نوع حرکات و شیب دیواره نیز تغییر پیدا کرد. تمرینات در هفته‌های اول از سطوح متوسط شروع شد و به‌تدریج به سطوح بالاتر ارتقا یافت. درنهایت تمامی تمرین‌ها و قراردادهای سنگ‌نوردی توسط مدرس، طراح، مربی و داور رسمی دارای گواهینامه از فدراسیون کوهنوردی و صعودهای ورزشی انجام گرفت.

روش محدودیت جریان خون: به‌منظور محدود کردن جریان خون و افزایش فشار وارده بر عضله در گروه تمرینی با محدودیت جریان خون از یک کاف برزنتی (پژوهشگرساخته) به طول ۸۵ سانتی‌متر و عرض ۶ سانتی‌متر استفاده شد که درون آن یک تیوپ لاستیکی با قطر ۳ سانتی‌متر و طول ۱۵ سانتی‌متر قرار داشت که دارای دو مجرا بود؛ یکی برای ورود هوا و دیگری برای نصب بارومتر فشار داخل آن که تا ۳۰۰ میلی‌متر جیوه فشار کاف‌ها قابل افزایش بود. شایان ذکر است که در این پژوهش، فشار کاف از ۴۰ میلی‌متر جیوه شروع شده بود (۲۴، ۲۵) و هر هفته ۲۰ میلی‌متر جیوه به آن اضافه می‌شد تا در انتها به فشار ۱۰۰ میلی‌متر جیوه برسد.

## روش‌های آزمایشگاهی

نمونه‌های خون محیطی سیاهرگی در دو مرحله (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) در وضعیت نشسته و در حال استراحت به مقدار ۵ میلی‌لیتر با استفاده از سرنگ ۵ میلی‌لیتری، ساخت شرکت آلمانی براون از ورید پیشآرنجی بازوی چپ آزمودنی‌ها به‌منظور اندازه‌گیری مقدار CRP، CK، LDH و لاکتات از آن‌ها تهیه شد. نمونه‌های خونی با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ و بعد از جدا کردن سرم تا زمان انجام آزمایش‌ها در دمای ۲۰- در فریزر نگهداری شد. در پژوهش حاضر سطح CRP-hs سرم به روش الایزا با استفاده از کیت تجاری بیومریکا ساخت آلمان و با شماره کاتالوگ ۲۱۳۷۳۱۰۰۵۳۹۶۰۰۰۲ و با ضریب تغییرات کمتر از ۲۰ درصد و سطح LDH به روش فتومتری با استفاده از کیت شرکت من ساخت ایران با شماره کاتالوگ ۲۱۳۷۱۱۰۰۰۱۶۳۰۰۳۰ با ضریب تغییرات کمتر از ۳/۲ درصد اندازه‌گیری شد. لاکتات با استفاده از کیت Greiner ساخت آلمان با شماره کاتولوگ ۲۱۳۷۱۲۰۰۵۳۹۶۰۱۸۹، با درجه حساسیت ۰/۱ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر و با دستگاه اتوآنالایزر اندازه‌گیری شد. کراتین کیناز سرم به روش رنگ‌سنجی شیمیایی براساس واکنش ژافه و با استفاده از کیت روشه ساخت المان با شماره کاتالوگ ۲۱۷۱۱۰۰۵۳۹۶۰۰۰۲ و ضریب تغییر ۱/۶ درصد اندازه‌گیری شد.

## تحلیل آماری

از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای تعیین نرمال بودن داده‌ها، از آزمون T مستقل برای بررسی تغییرات بین‌گروهی (بین دو گروه با محدودیت و بدون محدودیت جریان خون بعد از تمرین) و از آزمون تی همبسته برای بررسی تغییرات درون‌گروهی استفاده شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد و سطح معناداری داده‌ها ۰/۰۵ $P<$ درنظر گرفته شد.

## نتایج

با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف مشخص شد که توزیع همه متغیرهای موجود در پژوهش طبیعی است، بنابراین از آزمون‌های پارامتریک برای انجام محاسبات آماری استفاده شد. مشخصات آزمودنی‌ها و نتایج عملیات آماری بر روی شاخص‌های تحقیق در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. نتایج تحقیق حاضر با توجه به نبود تفاوت معنادار در پیش‌آزمون، با مقایسه میانگین‌های پس‌آزمون با استفاده از آزمون T مستقل نشان داد که بین دو گروه با و بدون محدودیت جریان خون در هیچ‌یک از شاخص‌های التهاب و آسیب سلولی تفاوت معناداری وجود نداشت ($p>0/05$). هرچند در مقدار لاکتات سلولی گروه با محدودیت جریان خون نسبت به گروه بدون محدودیت جریان خون تفاوت معناداری مشاهده شد ($p=0/042$)

**جدول ۱. نتایج آمار توصیفی متغیرهای آنتروپومتریکی آزمودنی‌ها**

| شاخص‌ها / گروه‌ها | سن (سال) | وزن (کیلوگرم) | قد (سانتی‌متر) | شاخص‌توده‌ی بدن (کیلوگرم/ مترمربع) | درصد چربی |
|---|---|---|---|---|---|
| محدودیت جریان خون | ۲۵/ ۴۰± ۱/ ۹۵ | ۶۲/ ۹۰±۵/ ۴۵ | ۱۷۳±۴/ ۸۵ | ۲۱/ ۳۵ ± ۱/ ۲۵ | ۱۰/ ۲۸±۴/ ۳۶ |
| بدون محدودیت جریان خون | ۲۵/ ۳۰± ۲/ ۳۵ | ۶۳/ ۸۰ ± ۵/ ۰۶ | ۱۷۵±۶/ ۷۳ | ۲۱/ ۸۰ ± ۱/ ۳۲ | ۱۱/ ۳۶±۵/ ۱۲ |

**جدول ۲. نتایج آزمون آماری شاخص‌های بیوشیمیایی آزمودنی‌ها**

| | با محدودیت جریان خون | | بدون محدودیت جریان خون | |
|---|---|---|---|---|
| | پیش از تمرین | پس از تمرین | پیش از تمرین | پس از تمرین |
| پروتئین واکنشگر C (میلی‌گرم/ لیتر) | ۰/ ۶۲ ± ۰/ ۱۴ | ۰/ ۸۲ ± ۰/ ۰۸ | ۰/ ۶۷ ± ۰/ ۱۱ | ۰/ ۸۴ ± ۰/ ۱۰ |
| لاکتات دهیدروژناز (نانوگرم/ میلی‌لیتر) | ۱۸۴/ ۸۵ ± ۲/ ۳۵ | ۱۹۷/ ۱۴ ± ۴/ ۳۶ | ۱۸۹/ ۴۹ ± ۳/ ۷۸ | ۱۹۸/ ۵۵ ± ۳/ ۷۷ |
| کراتین کیناز (واحد بین‌المللی/ لیتر) | ۱۳۳/ ۳۱ ± ۱۱/ ۴۲ | ۱۵۲/ ۱۶ ± ۸/ ۳۵ | ۱۳۶/ ۷۸ ± ۱۳/ ۵۸ | ۱۴۶/ ۵۷ ± ۹/ ۲۴ |
| لاکتات خون (میلی‌مول/ لیتر) | ۱/ ۸۵ ± ۰/ ۴۴ | *۳/ ۶۲ ± ۰/ ۶۸ | ۱/ ۹۲ ± ۰/ ۱۵ | *† ۶/ ۳۲ ± ۰/ ۲۵ |

* بیانگر معناداری نتایج آزمون تی وابسته.

† بیانگر معنی‌دار نتایج آزمون تی مستقل (بین دو گروه با محدودیت و بدون محدودیت جریان خون بعد از تمرین) است.

## بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد که در پی تمرین سنگ‌نوردی (با و بدون محدودیت جریان خون) مقدار لاکتات خون افراد افزایش می‌یابد، اما آنچه مشهود است، افزایش لاکتات خون در گروه تمرین سنگ‌نوردی بدون محدودیت جریان خون نسبت به گروه سنگ‌نوردی با محدودیت جریان خون بود. در آغاز فعالیت ورزشی، از آنجا که منابع آماده انرژی استفاده می‌شوند، لاکتات تولید نمی‌شود. ولی در لحظات بعدی، حین اجرای فعالیت ورزشی شدید، گلیکوژن ذخیره موجود در عضلات انرژی لازم برای فسفریله کردن ADP در گلیکوژنولیز بی‌هوازی را تأمین می‌کند. در صورت نبود اکسیژن کافی پیرووات به لاکتات تبدیل می‌شود (۲۶). همسو با مطالعه حاضر کرامر و همکاران (۲۰۰۰) (۲۷) و نتو و همکاران (۲۰۱۷) اعلام کردند تمرینات مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون سبب افزایش لاکتات خون می‌شود (۲۸) همچنین شیموزو[17] و همکاران (۲۰۱۶) با مطالعه روی ۴۰ داوطلب در دو گروه ۲۰ نفری تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون و بدون محدودیت جریان خون گزارش کردند که ۴ هفته تمرین با ۲۰ درصد IRM سبب افزایش لاکتات به نسبت گروه بدون محدودیت جریان خون شد. از طرفی، تیلور[18] و همکاران (۲۰۱۶)، رجبی و همکاران (۲۰۱۴) و باسره[19] و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که تأثیر تمرین کاتسو بر لاکتات معنادار نبوده است(۱۰، ۲۹، ۳۰). دلیل ناهمسو بودن این مطالعات با مطالعه حاضر ممکن است شدت تمرینات پایین‌تر نسبت به تحقیق ما باشد، چراکه مطالعات نشان دادند هنگامی‌که شدت، حجم و استراحت بین ست‌ها در تمرین همراه با محدودیت تغییر کند، پاسخ‌های ورزشی به‌صورت حاد نیز متفاوت خواهد بود (۳۱).

نتایج این مطالعه نشان داد که در پی ۴ هفته تمرین سنگ‌نوردی با و بدون محدودیت جریان خون مقدار کراتین کیناز سرمی افراد تغییر معناداری نیافت. کراتین کیناز، یک آنزیم کلیدی برای سوخت‌وساز سلول عضلانی است و در افراد سالم در سراسر سلول به‌ویژه اطراف الیاف‌های انقباضی وجود دارد و در اثر بروز آسیب وارده به غشای سلول به درون مایعات خارج‌سلولی رها می‌شود (۳۲). میزان انتشار آنزیم کراتین کیناز به نوع، شدت و زمان فعالیت ورزشی بستگی دارد. با افزایش شدت تمرین، غلظت کراتین کیناز سرم نیز زیاد می‌شود (۳۲). در این زمینه سوگا و همکاران (۲۰۱۲) در پروتکل تمرینی همراه با محدودیت جریان خون، نبود تغییرات در سطوح CK، LDH را نتیجه گرفتند و اعلام کردند استرس اکسیداتیو بیشتر در تمرینات شدید و مداوم نسبت به تمرینات متناوب افزایش می‌یابد. علاوه‌بر این مشاهده شده است که ورزش شدید و مداوم همراه با تولید رادیکال‌های آزاد سبب ایجاد تغییرات غشای سلولی می‌شود. این مسئله موجب آسیب تار عضلانی می‌شود که با فرایند التهابی همراه است و به کاهش عملکرد ماهیچه منجر می‌شود (۳۳). تاکارادا و همکاران (۲۰۰۰)

با مطالعه مقطعی روی شش ورزشکار که حرکت جلوپا را با محدودیت جریان خون انجام دادند، مشاهده کردند که در گروه همراه با محدودیت جریان خون مقادیر هورمون رشد، نوراپی‌نفرین و اسید لاکتیک به نسبت گروه بدون محدودیت جریان خون بیشتر بوده است، این در حالی است که شاخص‌های آسیب عضلانی مانند کراتین کیناز و آسیب اکسایشی در بین دو گروه معنادار نبود و از طرفی پاسخ التهابی (اینترلوکین-۶) در گروه با محدودیت جریان خون در مقایسه با گروه بدون محدودیت بیشتر بود (۳۴). به‌علاوه واکر[۲۱] و همکاران (۲۰۰۶) با مطالعه روی ۶ نفر و اجرای تمرینات مقاومتی با ۲۰ درصد یک تکرار بیشینه و با ۱۴ تکرار در ۵ ست تمرینات دوطرفه پا در موقعیت نشسته که قسمت پروگزیمال پا با کاتسو تحت فشار ۷ /۷ ± ۲۱۴ میلی‌متر جیوه بسته شده بود، دریافتند که مقدار کراتین کیناز و لاکتات خون تغییر معناداری نداشت (۳۵). همچنین ابی و همکاران (۲۰۰۶) در پی یک جلسه تمرین مقاومتی کاتسو مشاهده کردند که شاخص‌های آسیب عضلانی (کراتین کیناز و میوگلوبین) و هورمون‌های آنابولیک در هر دو گروه تغییر نکردند، آن‌ها دلیل این عدم تغییر را در افزایش $VO_2max$ و افزایش ذخیره‌سازی گلیکوژن عضلانی و کاهش غلظت خالص ATP عضله ساخته‌شده در حالت استراحت دانستند که نتایج آن با تحقیق حاضر همسو بود (۳۶) .ولی افزایش لاکتات در مطالعه ساتو و همکاران (۲۰۰۵) احتمالاً به‌دلیل تعداد ست‌های بیشتر آن بوده است، چراکه مطالعات نشان دادند هنگامی‌که شدت، حجم و استراحت بین ست‌ها در تمرین همراه با محدودیت تغییر کند، پاسخ‌های ورزشی به‌صورت حاد نیز متفاوت خواهد بود (۳۷) همچنین امبل[۲۲] و همکاران (۲۰۰۹) با مطالعه روی دو گروه ۹ نفری، کنترل و گروه محدودیت جریان خون با فشار خون ۳۰ درصد بیشتر از فشار سیستولیک پروگزیمال در پاسخ به ۴ هفته تمرین مقاومتی پایین‌تنه با فشار ۲۰ تا ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه، نشان دادند شاخص‌های درد عضلانی تأخیری از جمله کراتین کیناز افزایش معناداری یافت. آن‌ها هیپوکسی ناشی از محدودیت جریان خون را که سبب افزایش سطوح NADH و FADH2 و تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود، دلیل این افزایش ذکر کردند (۳۸).

نتایج نشان داد که ۴ هفته تمرین سنگ‌نوردی با و بدون محدودیت جریان خون بر مقدار لاکتات دهیدروژناز خون آزمودنی‌ها تأثیر ندارد. لاکتات دهیدروژناز آنزیمی است که در مسیر گلیکولیز بی‌هوازی نقش دارد (۳۵). براساس نتایج برخی مطالعات گذشته تمرین به‌عنوان عامل فشارآفرین جسمانی به‌علت دارا بودن انقباضات برون‌گرا ممکن است با اعمال فشار مکانیکی (پارگی نسوج همبند)، سبب افزایش آنزیم LDH و ایجاد آسیب و پیامدهای بعدی آن یعنی بروز التهاب (آغاز آبشار واسطه‌های التهابی) شود (۳۹، ۴۰). در پژوهش حاضر مقدار لاکتات دهیدروژناز در گروه انسداد در پاسخ در مقایسه با پیش‌آزمون افزایش داشت که نشان‌دهنده تأثیرگذاری بیشتر تمرین انسدادی بر مقدار لاکتات دهیدروژناز سرم است، هرچند این اثر در مقایسه با گروه بدون انسداد معنادار نبود. شدت و مقدار فشار اعمال‌شده در حین تمرین می‌تواند از علل عدم تفاوت معناداری بین گروه‌ها باشد. در این زمینه نتو و همکاران (۲۰۱۷) با مطالعه روی ۱۰ مرد ارتشی و اجرای سه برنامه تمرینی به‌صورت متقاطع شامل تمرینات مقاومتی با ۲۰ درصد 1RM با محدودیت جریان خون مداوم؛ تمرینات مقاومتی با ۲۰ درصد 1RM با محدودیت جریان خون متناوب؛ تمرینات مقاومتی با ۸۰ درصد 1RM و با اندازه‌گیری نمونه‌های خونی بلافاصله بعد از تمرین، ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد، بین پروتکل‌های تمرینی تغییر معناداری در مقدار لاکتات دهیدوژناز مشاهده نکردند. آن‌ها اعلام کردند، بهنظر می‌رسد که استرس متابولیسم بیشتر با تمرین BFR مداوم و تمرین خیلی شدید در مقایسه با تمرینات متناوب ایجاد گردد که تمرینات شدید و مداوم همراه با تولید رادیکال‌های آزاد سبب تغییرات غشای سلولی و آسیب عضلانی می‌شوند که با فرایند التهابی همراه است و به کاهش عملکرد عضلانی، آزاد شدن آنزیم‌های عضلانی، تغییرات هیستولوژیکی و درد عضلانی منجر می‌شود (۴۱). نتایج پژوهش حاضر با پژوهش‌های قبلی که در آن‌ها گزارش شده است آنزیم لاکتات دهیدروژناز پس از فعالیت ورزشی افزایش پیدا می‌کند، در تضاد است. دمینایس و همکاران (۲۰۱۱) و هارلی و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که فعالیت مقاومتی موجب ایجاد آسیب عضلانی با افزایش شاخص آسیب عضلانی LDH می‌شود (۴۲). علت اختلاف نتیجه پژوهش حاضر با پژوهش دمینایس و همکاران و هارلی و همکاران می‌تواند به تفاوت در نوع و مدت تمرین و همچنین تفاوت در انقباضات و عضلات درگیر در فعالیت به‌کاررفته مربوط باشد، چراکه در پژوهش حاضر به‌جای تمرین مقاومتی

پایین‌تنه از تمرین سنگ‌نوردی همراه با انسداد عروق در بالاتنه استفاده شد.

علاوه‌بر این، متعاقب اجرای ۴ هفته تمرین سنگ‌نوردی با و بدون محدودیت جریان خون، CRP هر دو گروه تمرینی نسبت به پیش‌آزمون افزایش داشت، اما این افزایش بین دو گروه تفاوت معناداری نداشت (p>۰/۰۵). CRP شاخص حساس التهابی است که به‌وسیله سلول‌های کبدی و در پاسخ به عوامل التهابی ساخته شده و از کبد ترشح می‌شود. تولید CRP کبدی از طریق IL-6 و به مقدار کمتری توسط IL-1 و TNF-alpha تحریک می‌شود (۴۳). همسو با مطالعه حاضر پرسش و همکاران (۲۰۱۶) با روی ۳۶ دانشجوی دختر فعال در سه گروه تمرین مقاومتی بدون انسداد عروق (تمرین با شدت ۷۵ یک تکرار بیشینه)، همراه با انسداد عروقی (تمرین با شدت ۳۰ درصد یک تکرار بیشینه همراه با بستن تورنیکت به دور پروگزیمال بازو) و گروه کنترل، به این نتیجه رسیدند که پس از ۶ هفته تمرین مقاومتی با و بدون انسداد عروق، شاخص آسیب عضلانی LDH در پاسخ به تمرین مقاومتی افزایش معناداری نشان داد (P<۰/۰۵) و به‌طور همزمان شاخص CRP بین سه گروه تفاوت معناداری نشان نداد (P>۰/۰۵) (۴۳). به‌علاوه کلارک و همکاران (۲۰۱۱) با مطالعه روی ۱۵ مرد و ۲ زن بی‌تمرین به مدت ۴ هفته و با شدت ۳۰ درصد 1RM اعلام کردند که مقدار CRP تغییر معناداری نیافت (۴۴). درحالی‌که مندام و همکاران (۲۰۱۱) گزارش دادند که غلظت CRP پلاسما ۲۴ ساعت پس از یک دوره تمرین مقاومتی کامل بدن با محدودیت جریان خون افزایش می‌یابد. در این مطالعه، آنها همچنین گزارش کردند که غلظت پلاسمایی اینترلوکین ۶ (IL-6)، تنظیم‌کننده اصلی سنتز CRP، بلافاصله پس از تمرین افزایش یافت. این افزایش در IL-6 ممکن است به‌دلیل افزایش تقاضا برای انرژی از سلول‌های عضلانی باشد، زیرا اخیراً اعلام شده است که IL-6 عضلانی به التهاب مربوط است و به‌عنوان یک حسگر انرژی عمل می‌کند (۴۵). با توجه به اینکه عملکرد اصلی پاسخ التهابی بدن متعاقب عضلات آسیب‌دیده طی فعالیت بدنی، ترمیم آسیب و بازگرداندن عملکرد بافت است، پس می‌توان نتیجه گرفت که عدم تغییر معنادار CRP در گروه BFR مؤید بهبود التهاب و فراهم شدن سازوکارهای سازشی نسبت به فعالیت در بدن است. بررسی مقدار CRP در پژوهش‌های همسو، ارتباط معکوس و معناداری بین فعالیت بدنی منظم و این شاخص را نشان داده و گزارش کرده‌اند افرادی که از نظر بدنی فعال‌ترند و آمادگی جسمانی بهتری دارند، سطح پایین‌تری از شاخص‌های التهابی را دارا هستند (۴۶)، چراکه آمادگی جسمانی و انجام تمرینات منظم موجب سرعت بخشیدن به روند بهبود ظرفیت‌های عضلانی می‌شود (۴۷). همچنین گزارش شده که مقدار اولیه CRP عامل مهمی در تغییرات بعدی آن است و هرچه مقدار آن بیشتر باشد، تغییر کوچک در مقدار آن چشمگیرتر است. به‌طور کلی از آنجا که ارزیابی دستگاه ایمنی به‌دلیل ارتباط اجزای آن با یکدیگر و همچنین ارتباط این دستگاه با دیگر دستگاه‌ها پیچیده است، باید نتایج مطالعه حاضر، در پژوهش‌های آینده بازبینی و دقیق‌تر بررسی شود.

در مجموع، براساس نتایج این پژوهش می‌توان گفت که به‌نظر نمی‌رسد حداقل در کوتاه‌مدت، آسیب جدی عضلانی در اثر تمرینات سنگ‌نوردی همراه با انسداد عروق در زنان و مردان نخبه به‌وجود آید، اما بدان‌معنا نیست که این تمرینات کاملاً ایمن و بدون خطر باشند؛ ازاین‌رو لازم است پژوهش‌های بیشتری در این زمینه به لحاظ زمان اندازه‌گیری شاخص‌ها، نوع شاخص‌ها (مانند میوگلوبین) و شدت تمرین یا شدت فشار وارده از سوی کاف انجام گیرد.

پی‌نوشت‌ها

1. Lead
2. Bouldering
3. Speed
4. Lactate dehydrogenase
5. Creatine kinase
6. C-reactive protein
7. Blood flow restriction
8. Kaatsu
9. Wilson
10. Thiebaud
11. Madarame
12. Lipid peroxide
13. Caliper
14. American College of Sports Medicine (ACSM)
15. Traverse
16. Yosemite
17. Shimizu
18. Taylor
19. Bascreh
20. Suga
21. Walker
22. Umbel
23. Neto

## منابع

[1] Deyhle MR, Hsu HS, Fairfield TJ, Cadez-Schmidt TL, Gurney BA, Mermier CM. Relative Importance Of Four Muscle Groups For Indoor Rock Climbing Performance. J Strength

Intensity Blood Flow Restricted Resistance Exercise In College-Aged Females. J Sports Sci Med. 2014;13(1):91-6.
[14] Moore DR, Burgomaster KA, Schofield LM, Gibala MJ, Sale DG, Phillips SM. Neuromuscular Adaptations In Human Muscle Following Low Intensity Resistance Training With Vascular Occlusion. European Journal Of Applied Physiology. 2004;92(4-5):399-406.
[15] Abe T, Hinata S, Koizumi K, Sato Y. Day-To-Day Change In Muscle Strength And MRI-Measured Skeletal Muscle Size During 7 Days KAATSU Resistance Training: A Case Study. International Journal Of KAATSU Training Research. 2005;1(2):71-6.
[16] 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. The Journal Of Strength & Conditioning Research. 2013;27(11):3068-75.
[17] Thiebaud RS, Yasuda T, Loenneke JP, Abe T. Effects Of Low-Intensity Concentric And Eccentric Exercise Combined With Blood Flow Restriction On Indices Of Exercise-Induced Muscle Damage. Interventional Medicine And Applied Science. 2013;5(2):53-9.
[18] Madarame H, Kurano M, Fukumura K, Fukuda T, Nakajima T. Haemostatic And Inflammatory Responses To Blood Flow□Restricted Exercise In Patients With Ischaemic Heart Disease: A Pilot Study. Clinical Physiology And Functional Imaging. 2013;33(1):11-7.
[19] Takarada Y, Nakamura Y, Aruga S, Onda T, Miyazaki S, Ishii N. Rapid Increase In Plasma Growth Hormone After Low-Intensity Resistance Exercise With Vascular Occlusion. Journal Of Applied Physiology. 2000;88(1):61-5.
[20] Lutter C, El-Sheikh Y, SchÖffl I, SchÖffl V. Sport Climbing: Medical Considerations For This New Olympic Discipline. BMJ Publishing Group Ltd And British Association Of Sport And Exercise Medicine; 2017.
[21] Espana-Romero V, Jensen RL, Sanchez X, Ostrowski ML, Szekely JE, Watts PB. Physiological Responses In Rock Climbing With Repeated Ascents Over A 10-Week Period. European Journal Of Applied Physiology. 2012;112(3):821-8.
[22] Draper N, Dickson T, Blackwell G, Priestley S, Fryer S, Marshall H, Et Al. Sport-Specific Power Assessment For Rock Climbing. J Sports Med Phys Fitness. 2011;51(3):417-25.
[23] Heidari, Reza Sa, Fathi, Editors. Frequency And Causes Of Various Types Of Lesions In Ladies And Gentlemen. National Conference On Applied Physical Education And Sport Sciences; 2016
Cond Res. 2015;29(7):2006-14.
[2] Fanchini M, Violette F, Impellizzeri FM, Maffiuletti NA. Differences In Climbing-Specific Strength Between Boulder And Lead Rock Climbers. J Strength Cond Res. 2013;27(2):310-4.
[3] Bertuzzi RC, Franchini E, Kokubun E, Kiss MA. Energy System Contributions In Indoor Rock Climbing. Eur J Appl Physiol. 2007;101(3);293-300.
[4] Draper N, Dickson T, Fryer S, Blackwell G, Winter D, Scarrott C, Et Al. Plasma Cortisol Concentrations And Perceived Anxiety In Response To On-Sight Rock Climbing. Int J Sports Med. 2012;33(1):13-7.
[5] Dickson T, Fryer S, Draper N, Winter D, Ellis G, Hamlin M. Comparison Of Plasma Cortisol Sampling Sites For Rock Climbing. J Sports Med Phys Fitness. 2012;52(6):688-95.
[6] Fujita T, Kurita K, Sato Y, Abe T. Increased Muscle Volume And Strength Following Six Days Of Low-Intensity Resistance Training With Restricted Muscle Blood Flow. International Journal Of KAATSU Training Research. 2008;4(1):1-8.
[7] 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.
[8] Scott BR, Loenneke JP, Slattery KM, Dascombe BJ. Blood Flow Restricted Exercise For Athletes: A Review Of Available Evidence. J Sci Med Sport. 2016;19(5):360-7.
[9] 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. 2017.
[10] 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.
[11] 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.
[12] 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. 2016.
[13] Kim E, Gregg LD, Kim L, Sherk VD, Bemben MG, Bemben DA. Hormone Responses To An Acute Bout Of Low

jury For Nonclinical Safety Testing. Toxicologic Pathology. 2006;34(1):94-104.

[36] Abe T, Kearns CF, Sato Y. Muscle Size And Strength Are Increased Following Walk Training With Restricted Venous Blood Flow From The Leg Muscle, Kaatsu-Walk Training. Journal Of Applied Physiology. 2006;100(5):1460-6.

[37] Sato Y, Yoshitomi A, Abe T. Acute Growth Hormone Response To Low-Intensity KAATSU Resistance Exercise: Comparison Between Arm And Leg. International Journal Of KAATSU Training Research. 2005;1(2):45-50.

[38] Umbel JD, Hoffman RL, Dearth DJ, Chleboun GS, Manini TM, Clark BC. Delayed-Onset Muscle Soreness Induced By Low-Load Blood Flow-Restricted Exercise. European Journal Of Applied Physiology. 2009;107(6):687.

[39] Ohta A, Lukashev D, Jackson EK, Fredholm BB, Sitkovsky M. 1, 3, 7-Trimethylxanthine (Caffeine) May Exacerbate Acute Inflammatory Liver Injury By Weakening The Physiological Immunosuppressive Mechanism. The Journal Of Immunology. 2007;179(11):7431-8.

[40] Fink R, Hase S, LÜttgau HC, Wettwer E. The Effect Of Cellular Energy Reserves And Internal Calcium Ions On The Potassium Conductance In Skeletal Muscle Of The Frog. The Journal Of Physiology. 1983;336(1):211-28

[41] Neto GR, Novaes JS, Salerno VP, GonÇalves MM, Batista GR, Cirilo-Sousa MS. Does A Resistance Exercise Session With Continuous Or Intermittent Blood Flow Restriction Promote Muscle Damage And Increase Oxidative Stress? Journal Of Sports Sciences. 2017:1-7.

[42] Deminice R, Sicchieri T, Mialich MS, Milani F, Ovidio PP, Jordao AA. Oxidative Stress Biomarker Responses To An Acute Session Of Hypertrophy-Resistance Traditional Interval Training And Circuit Training. The Journal Of Strength & Conditioning Research. 2011;25(3):798-804.

[43] Porsesh M, Habibi A, Ahmadi Barati S, Fatemi S. Comparison Of The Effect Of 6 Weeks Resistance Training With And Without Vascular Occlusion, On Serum Levels Of CRP And LDH In Active Girls. The Journal Of Shahid Sadoughi University Of Medical Sciences. 2016;24(9):706-15.

[44] Clark B, Manini T, Hoffman R, Williams P, Guiler M, Knutson M, Et Al. Relative Safety Of 4 Weeks Of Blood Flow-Restricted Resistance Exercise In Young, Healthy Adults. Scandinavian Journal Of Medicine & Science In Sports. 2011;21(5):653-62.

[45] Mendham AE, Donges CE, Liberts EA, Duffield R. Effects Of Mode And Intensity On The Acute Exercise-Induced IL-6 And CRP Responses In A Sedentary, Over-

[24] Jessee MB, Buckner SL, Dankel SJ, Counts BR, Abe T, Loenneke JP. The Influence Of Cuff Width, Sex, And Race On Arterial Occlusion: Implications For Blood Flow Restriction Research. Sports Med. 2016;46(6):913-21.

[25] Hunt JE, Stodart C, Ferguson RA. The Influence Of Participant Characteristics On The Relationship Between Cuff Pressure And Level Of Blood Flow Restriction. Eur J Appl Physiol. 2016;116(7):1421-32.

[26] Barari A. Plyometric Training And Consumption Of Supplement On Changes Of Cytokines Levels And Performance In Basketball Players.2013;3(5)1-6

[27] Kraemer WJ, Harman FS, Vos NH, Gordon SE, Nindl BC, Marx JO, Et Al. Effects Of Exercise And Alkalosis On Serum Insulin-Like Growth Factor I And IGF-Binding Protein-3. Canadian Journal Of Applied Physiology. 2000;25(2):127-38.

[28] Neto GR, Novaes JS, Salerno VP, GonÇalves MM, Piazera BK, Rodrigues-Rodrigues T, Et Al. Acute Effects Of Resistance Exercise With Continuous And Intermittent Blood Flow Restriction On Hemodynamic Measurements And Perceived Exertion. Perceptual And Motor Skills. 2017;124(1):277-92.

[29] Rahmati, Saeed, Rajabi, Hamid, Karimzadeh, Latifa. Acute And Chronic Effects Of Subclinical Activity With Limited Blood Flow On Serum BDNF And Serum Tnfα In Active Men. Sports Life Sciences, 1395.[Persian].

[30] Aref Basereh1 KE, Fariborz Hovanloo3, Pooneh Dehghan4, Keivan Khoramipour. Effect Of Blood Flow Restriction Deal During Isometric Exercise On Growth Hormone And Testosterone Active Males.2017; 9 (33) ; 51-68.

[31] Suga T, Okita K, Morita N, Yokota T, Hirabayashi K, Horiuchi M, Et Al. Dose Effect On Intramuscular Metabolic Stress During Low-Intensity Resistance Exercise With Blood Flow Restriction. Journal Of Applied Physiology. 2010;108(6):1563-7.

[32] Henry PD, Roberts R, Sobel BE. Rapid Separation Of Plasma Creatine Kinase Isoenzymes By Batch Adsorption On Glass Beads. Clinical Chemistry. 1975;21(7):844-9.

[33] Suga T, Okita K, Takada S, Omokawa M, Kadoguchi T, Yokota T, Et Al. Effect Of Multiple Set On Intramuscular Metabolic Stress During Low-Intensity Resistance Exercise With Blood Flow Restriction. European Journal Of Applied Physiology. 2012;112(11):3915-20.

[34] Takarada Y, Nakamura Y, Aruga S, Onda T, Miyazaki S, Ishii N. Rapid Increase In Plasma Growth Hormone After Low-Intensity Resistance Exercise With Vascular Occlusion. J Appl Physiol (1985). 2000;88(1):61-5.

[35] Walker DB. Serum Chemical Biomarkers Of Cardiac In-

weight Population. European Journal Of Applied Physiology. 2011;111(6):1035-45.

[46] Ramezanpour M.R., Hejazi S.M., Mottaghy Shahri S., Kianmehr M., Mottaghy Shahri M.R. Comparison The Effect Of Interval, Continuous And Parallel Aerobic Exercise On Urea, Uric Acid And Creatinine Of Urine Level. Quarterly Of Horizon Of Medical Sciences. 2013;19(3):137-41.

[47] Mohammadi Zia F, Dabidi Roshan V, Kanemati H. Effect Of Vitamin E Supplementation On Changes Of NO, LDH, And Plasma CPK Disabled Men Looking For A Bout Of Resistance Exercise 2009; 35-46. Persian.

Shahid Beheshti University

Sport and Exercise Physiology

Autumn and Winter 2020; Vol.13; No.2

# Effect of 4 weeks of rock climbing with and without blood flow restriction, on Serum Levels of CRP, LDH and CK in elite rock climbers

**Fateme Halalkhor[*1], Mansour Aghaei[2], Dr. Jawad Vakili[2]**

[1]Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili ,Ardabil , Iran

[2]Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

*Corresponding Author: Fateme Halalkhor, Tel: +98-41-42241099. E-mail: fateme.halalkhor@gmail.com

Received:01/09/2018 Revised:02/01/2019 Accepted:03/02/2019

**Abstract**

**purpose:** Exercise training with blood flow restriction are associated with immunological changes as well as changes in the indices of inflammation and muscle damage. Therefore, the aim of this study was conducted to identify the effect of 4 weeks rock climbing with and without blood flow restriction on response of the LDH, CK and CRP in elite rock climbers.

**Methods:**12 elite male and 12 female rock climbers with at least 4 years rock climbing experience and age range of 23.54±2.32 to 27.18±3.18 years and a fat percentage of 8.22±1.12 to 14.19±1.18 percent were selected purposefully among elite climbers and randomly assigned to one of two groups The exercises were limited by blood flow and exercise without limitation of blood flow. The exercise protocol was performed for 4 weeks (three sessions per week and each session was 90 minutes, severity of each session was 60 to 80% of climbing grades). Blood samples were taken in two stages (pre and post test) in sitting and resting conditions to determine the amount of lactate dehydrogenase, creatine kinase, blood lactate and C-reactive protein. To analyze the data, an independent test was used to compare the meanings and Kolmogorov-Smirnov test for homogeneity of the two groups at a significant level of $\alpha \leq 0.05$.

**Results:** The results showed that the index of muscle damage of LDH, CK and inflammatory CRP index did not show a significant difference in response to climbing exercises with and without blood flow restriction between the two groups ($P < 0.05$).

**Conclusion:** According to the results of this study, rock climbing training with or without blood flow restriction, do not increase inflammatory and muscular damage, and this method of training is likely to be safe for climbers due to the mechanical and metabolic pressure of exercise activity.

**Keywords:** Blood flow restriction, Rock climbing, Inflammatory markers, Muscular damage.