علوم زیستی ورزشی – بهار ۱۴۰۰
دورهٔ ۱۳، شمارهٔ ۱، ص: ۸۸ – ۷۵
تاریخ دریافت : ۰۳ / ۰۹ / ۹۹
تاریخ پذیرش : ۰۲ / ۱۲ / ۹۹

تغییرات سطوح پایهٔ تستوسترون و کورتیزول و نسبت آنها بعد از چهار هفته تمرین سنگ‌نوردی با محدودیت جریان خون در سنگ‌نوردان مرد نخبهٔ ورزشی

کریم عبادی‌فر [۱] – حسن متین همایی*[۲] – عبدالعلی بنائی‌فر [۳]

۱. دانشجوی دکتری، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ تربیت بدنی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران ۲. دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ تربیت بدنی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران ۳. دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ تربیت بدنی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون (BFR) به‌منزلهٔ راهبرد تمرینی پیشگیری‌کننده از آسیب‌های مفصلی و بافتی به افزایش هورمون‌های آنابولیک و افزایش هایپرتروفی و قدرت عضلانی منجر می‌شود. بنابراین هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر ۱۲جلسه تمرین سنگ‌نوردی با BFR بر تستوسترون، کورتیزول و نسبت آنها در خون سنگ‌نوردان نخبهٔ ورزشی است. در این تحقیق نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون۲۰ مرد از سنگ‌نوردان (وزن ۴/۶۹ ± ۶۴/۵۵ کیلوگرم، چربی ۸/۵۰± ۱۵/۳۰ درصد و سن ۲/۶ ±۲۶سال) به‌صورت هدفمند انتخاب و به‌طور تصادفی به دو گروه تمرین (هر کدام ۱۰مرد) با BFR و بدون BFR تقسیم شدند. پروتکل تمرین ۴ هفته و هر هفته ۳ جلسه تمرین سنگ‌نوردی بود. فشار بر عروق حدود ۴۰ تا ۱۰۰میلی‌متر جیوه بود. خون‌گیری به‌طور ناشتا ۲۴ساعت قبل و بعد از دورهٔ تمرین به‌منظور تعیین میزان هورمون تستوسترون، کورتیزول انجام گرفت. همچنین عملکرد سرعت صعود و قدرت پنجهٔ دست برتر سنجیده شد. داده‌ها با استفاده از آزمون تی همبسته و مستقل با سطح معناداری P<۰/۰۵ ارزیابی شد. نتایج نشان داد که در گروه BFR مقادیر تستوسترون (P=۰/۰۲)، نسبت تستوسترون به کورتیزول (P=۰/۰۳)، قدرت پنجهٔ دست (P=۰/۰۰۶) و سرعت صعود (P=۰/۰۳) بعد از تمرین سنگ‌نوردی نسبت به قبل از آن افزایش معناداری داشت. همچنین میزان کورتیزول خون بعد از دورهٔ تمرینی در هر دو گروه نسبت به قبل از آن تغییر معناداری نداشت (P=۰/۵۴، P=۰/۸۵). به‌نظر می‌رسد تمرین سنگ‌نوردی با BFR به افزایش هورمون‌های آنابولیکی منجر می‌شود و از آن می‌توان به‌منظور بهبود عملکرد ورزشی سنگ‌نوردان استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی

تستوسترون، سنگ‌نوردی، کورتیزول، محدودیت جریان خون.

* نویسندهٔ مسئول: تلفن: ۰۹۱۲۳۶۸۰۸۱۰ Email: hasanmatinhomaee@gmail.com

مقدمه

در سال‌های اخیر علاقه‌مندی به سنگ‌نوردی داخل سالن به شکل حرفه‌ای و تفریحی به‌نحو چشمگیری افزایش یافته است (۱). همچنین به‌دلیل مدال‌آور بودن این رشتهٔ ورزشی و به‌سبب حضور در المپیک همهٔ کشورها سرمایه‌گذاری زیادی را انجام داده‌اند (۲).

سنگ‌نوردی داخل سالن ویژگی‌های فیزیولوژیکی و آنتروپومتریکی خاصی را می‌طلبد، به‌طوری‌که مطالعات موجود روی سنگ‌نوردان نخبه حاکی از آن است که این ورزشکاران وزن کم، قد متوسط، قدرت پنجهٔ زیاد و درصد چربی پایینی دارند (۳). همچنین مقالات اختصاصی سنگ‌نوردی گزارش داده‌اند که قدرت نسبی بالاتنه اهمیت ویژه‌ای دارد (۵، ۴). به‌ویژه در تحقیقات مقایسهٔ سنگ‌نوردان نخبه با غیرحرفه‌ای همگی بر اهمیت قدرت دست و پنجه و بازوها تأکید داشته‌اند (۷، ۶، ۴). به همین سبب قدرت دست و پنجه از عوامل تأثیرگذار بر عملکرد صعود سنگ‌نوردی قلمداد شده است. بنابراین لازم است سنگ‌نوردان تمریناتی را به‌منظور افزایش قدرت در برنامه‌های خود مدنظر قرار دهند.

براساس نتیجهٔ مطالعه‌ای، شدت ۷۰ تا ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه تمرین مقاومتی شدتی مناسب برای افزایش قدرت و اندازهٔ عضله گزارش شده است که برای ایجاد تغییر در هورمون‌های مربوط به افزایش قدرت و اندازهٔ عضله ضروری است (۸). با وجود توصیه‌های فراوان برای انجام تمرین مقاومتی با شدت بالا، این تمرین‌ها با عوارض آسیب‌های بافتی و مفصلی همراه است (۹). به همین سبب نتایج پژوهش‌ها شکل تازه‌ای از تمرین‌های مقاومتی را ارائه کرده‌اند که محدودیت اجرایی کمتری در مقایسه با تمرین‌های مقاومتی با شدت بالا دارند و در عین حال اهداف ما را از تمرین با شدت بالا برآورده می‌سازد. این تمرین‌ها که تمرین مقاومتی با جریان خون محدودشده یا BFR[1] نام دارد، در مدت زمان کوتاهی موجب هایپرتروفی و افزایش قدرت عضله می‌شود که این سازگاری با سازگاری تمرینی با شدت بالا برابری می‌کند (۱۰). ویژگی منحصربه‌فرد تمرین مقاومتی BFR، انجام آنها با شدت پایین است (۱۱). نام دیگر این شیوهٔ تمرینی، تمرینات کاتسو[2] نام دارد (۱۳، ۱۲). در این روش تمرین با درصد پایین‌تر از حداکثر قدرت بیشینه انجام می‌گیرد. جریان خون ورودی به عضلهٔ فعال از طریق بستن کاف یا کش (تورنیکت) لاستیکی انعطاف‌پذیر به دور قسمت پروگزیمال بازو یا ران یا هر دو، محدود یا متوقف می‌شود (۱۴). این عمل سبب

1. BFR: Blood flow restriction
2. Kaatsu

ایجاد حوضچهٔ خونی موقت در عضو می‌شود و در پی آن تجمع مواد متابولیکی و کاهش دسترسی به اکسیژن خون به آزادسازی هورمون‌های آنابولیکی از محور هیپوتالاموس-هیپوفیز می‌انجامد (۱۶، ۱۵).

به‌طور کلی یکی از بهترین روش‌ها برای اثرسنجی تمرین ورزشی اندازه‌گیری متغیر هورمون‌های متابولیکی (آنابولیک و کاتابولیک) خون است (۱۷). این هورمون‌های آنابولیک وکاتابولیک نقش مهمی در سازگاری بدن انسان به تمرین ایفا می‌کنند از جمله تستوسترون و کورتیزول که به‌عنوان نمایندهٔ هورمون‌های آنابولیک و کاتابولیک پذیرفته شده‌اند (۱۸). تستوسترون موجب ساخت پروتئین می‌شود و ترکیب اسیدهای آمینهٔ درون‌عضلانی را تحریک می‌کند و سبب تعادل مثبت پروتئین و هایپرتروفی عضلانی می‌شود (۱۹). اما کورتیزول به شکستن پروتئین، گلوکز و لیپیدها، حفظ فشار خون و تنظیم سیستم ایمنی بدن کمک می‌کند (۲۰). در اثربخشی تمرینی، نسبت تستوسترون به کورتیزول به‌عنوان شاخص مناسب برای نشان دادن روند آنابولیک و کاتابولیک مطرح است (۲۱). براساس مطالعات صورت‌گرفته تمرین قدرتی به افزایش غلظت تستوسترون و کورتیزول و تمرین استقامتی به کاهش غلظت تستوسترون و افزایش غلظت کورتیزول منجر می‌شود (۲۲).

در این زمینه تحقیق‌های محدودی انجام گرفته است. کیم و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای افزایش همزمان هورمون‌های آنابولیکی وکاتابولیکی با تمرینات مقاومتی با شدت پایین همراه با محدودیت جریان خون را در زنان جوان مشاهده کردند (۱۶). امانی و همکاران (۲۰۲۰) نیز طی ۱۰ جلسه تمرین فوتسال در شرایط BFR ضمن مشاهدهٔ افزایش قدرت و به تعویق افتادن زمان خستگی و بهبود عملکرد ورزشی، شاهد افزایش میزان نسبت تستوسترون به کورتیزول بودند (۲۳).

لوبرس[1] و همکاران (۲۰۱۴) با تحقیق روی ۶۲ مرد فوتبالیست آمریکایی نشان دادند که ۴ جلسه تمرین در هفته به مدت ۷ هفته با محدودیت جریان خون در مقایسه با تمرین بدون محدودیت جریان خون موجب افزایش حداکثر قدرت بیشینه در حرکات اسکات، پرس سینه و افزایش سطح مقطع عضلانی می‌شود (۲۴). اما در مورد تمرین معدودی از رشته‌های ورزشی در شرایط BFR برای مثال در ورزشکاران فوتسال، شنا و دوچرخه‌سواری علاوه‌بر تأثیر افزایش قدرت و هایپرتروفی عضلانی به بهبود عملکرد رشته‌های ورزشی مذکور منجر شده است (۲۷- ۲۵،۲۳).

1. Luebbers

از آنجا که تمرین مقاومتی BFR و تمرین بعضی رشته‌های ورزشی در حالت BFR موجب افزایش قدرت عضله می‌شود و با توجه به مزایای این روش تمرین با شدت پایین به‌خصوص در روزهای منتهی به مسابقه که از آسیب مفصلی پیشگیری می‌کند (۱۱-۹)، همچنین بر اساس جست‌وجوهای تحقیقی در زمینهٔ سازگاری‌های بلندمدت هورمون‌های تستوسترون و کورتیزول در تمرینات سنگ‌نوردی در شرایط BFR تا به حال تحقیقی صورت نگرفته است. ازاین‌رو پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر تمرین سنگ‌نوردی با محدودیت جریان خون بر سطح سرمی تستوسترون و کورتیزول انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

روش پژوهش حاضر کاربردی و از نوع نیمه‌تجربی با دو گروه (گروه تمرینی با محدودیت جریان خون و گروه تمرینی بدون محدودیت جریان خون) با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود.

در این تحقیق N=۲۰ از سنگ‌نوردان نخبهٔ مرد دارای حداقل ۴ سال سابقه و ۳۰-۲۰ ساله که برای مسابقات کشوری مشغول به تمرین بودند، انتخاب شدند و آمادگی خود را به‌صورت داوطلبانه برای شرکت در تحقیق اعلام کردند.

این تعداد سنگ‌نورد به‌صورت هدفمند انتخاب شدند و به‌طور تصادفی در دو گروه تمرینی (گروه تمرین سنگ‌نوردی در حالت n=۱۰ BFR و گروه دوم گروه تمرین سنگ‌نوردی در حالت معمول یا بدون n=۱۰ BFR) قرار گرفتند.

پس از انتخاب آزمودنی‌ها و همکاران، طی جلسهٔ هماهنگی توضیحات کاملی در مورد موضوع تحقیق، اهداف، مراحل و نحوهٔ اجرای آن و شرایط شرکت در آزمون به آنها ارائه شد، سپس برای هر کدام از آزمودنی‌ها برگهٔ رضایت‌نامه و پرسشنامهٔ سلامتی یا تندرستی داده شد. پس از بررسی وضعیت سلامتی توسط پزشک و رضایت آزمودنی‌ها برای شرکت در تحقیق، به‌منظور همگن‌سازی آزمودنی‌ها با استفاده از ویژگی‌های فردی از جمله جنس، سن، وزن افراد، قد، درجهٔ سختی مسیر سنگ‌نوردی، اکسیژن مصرفی بیشینه (که به‌وسیلهٔ آزمون پیشروندهٔ بروس روی نوار گردان با سرعت ۲/۷ کیلومتر در ساعت با شیب ۱۰ درجه آغاز شد و با پیشرفت آزمون در هر مرحله به سرعت و شیب نوار گردان افزوده می‌شد) و درصد چربی بدن (با استفاده از فرمول هفت‌نقطه‌ای نواحی سینه، زیر بغل، پهلو، شکم، ران، پشت بازو و زیرکتف دانشکدهٔ پزشکی ورزشی آمریکا) و در نهایت فشار خون و ضربان قلب افراد شرکت‌کننده جهت ممانعت از شرکت افراد با فشار خون بالا در دورهٔ تمرینی کاتسو ثبت شد. سپس آزمودنی‌ها با تخصیص تصادفی در یکی از دو گروه تمرینی با محدودیت جریان خون و بدون محدودیت جریان خون قرار گرفتند. پیش از

شروع تمرین طی جلسه‌ای کارشناس تغذیه به تمامی شرکت‌کنندگان به‌منظور اصلاح عادات غذایی مشاورهٔ غذایی داد. قبل از شروع تحقیق کد اخلاق پژوهشی برای اجرای طرح از دانشگاه علوم پزشکی تبریز اخذ شد (کد IR.TBZMED.REC.1397.523).

برنامهٔ تمرینی و قرارداد سنگ‌نوردی: این برنامهٔ تمرینی شامل ۴ هفته تمرین سه‌جلسه‌ای به مدت ۹۰ دقیقه در هفته بود. هر جلسه شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن عمومی و ۱۰ دقیقه گرم کردن اختصاصی روی دیوار شامل تراورس[1](سنگ‌نوردی افقی و مورب در دیواره) با شیب ۹۰ درجه و برنامهٔ تمرینی اصلی با شدت معین و یکسان برای هر دو گروه، BFR و بدون BFR اجرا شد. با توجه به اینکه در این زمینه تحقیقی یافت نشد، بعد از مطالعهٔ مقدماتی روی دو آزمودنی (Pilot study) برنامهٔ تمرینی با شدت ۶۰ تا ۸۰ درصد درجهٔ سختی مسیر برای آزمودنی‌ها تعیین شد. در آخر جلسهٔ تمرین آزمودنی‌ها حدود ۱۰ دقیقه سرد کردن عمومی و اختصاصی انجام دادند.

آزمودنی‌های هر دو گروه به مدت ۴ هفته، هر هفته ۳جلسه و در مجموع ۱۲ جلسه تمرین کردند. براساس بعضی مطالعات در خصوص میزان مدت زمان تمرین، ۱۲جلسه تمرین برای اثربخشی کافی بود (۲۹، ۲۸، ۱۲).

حدود یک هفته قبل از شروع آزمون جلسهٔ آشنایی با برنامهٔ تمرین و روش اجرای تمرین برای آزمودنی‌ها گذاشته شد. در گروه تمرین با محدودیت جریان خون حین صعود مسیرهای سر طناب و بولدرینگ از کاف‌ها برای بستن قسمت پروگزیمال بازو استفاده شد و در زمان استراحت بین مسیرها باز می‌شد، درحالی‌که گروه تمرینی بدون محدودیت جریان خون بدون استفاده از کاف‌ها برنامهٔ تمرینی را اجرا کردند.

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 سامانهٔ یوسه میتی[2]استفاده می‌شود. درجهٔ سختی در مطالعهٔ حاضر برای آقایان بین ۵/۱۱ b تا مسیر ۵/۱۳ a تعیین شد. همچنین در دورهٔ تمرین ۴ هفته‌ای برای افزایش شدت تمرین در ۴ هفته علاوه‌بر افزایش تکرار حرکات، نوع حرکات و شیب دیواره نیز تغییر یافت. تمرینات در هفته‌های اول از سطوح متوسط شروع شد و به‌تدریج به سطوح بالاتر ارتقا یافت. در نهایت

1. Traverse
2. Yosemite

تأکید می‌شود تمامی تمرین‌ها و قرارداد سنگ‌نوردی توسط مدرس، طراح، مربی و داور رسمی دارای گواهینامه از فدراسیون کوهنوردی و صعودهای ورزشی انجام گرفت.

روش ایجاد محدودیت جریان خون: به‌سبب محدودیت جریان خون از کاف برزنتی (پژوهشگرساخته) به طول ۸۵ سانتی‌متر و عرض ۶ سانتی‌متر استفاده شد که درون آن تیوپ لاستیکی با قطر ۳ سانتی‌متر و طول ۸۵ سانتی‌متر قرار گرفت که دارای دو مجرا بود؛ یکی برای ورود هوا و دیگری برای نصب بارومتر به‌منظور اندازه‌گیری فشار داخل آن که تا۳۰۰میلی‌متر جیوهٔ فشار کاف‌ها قابل افزایش بود. شایان ذکر است که در این پژوهش فشار کاف از۴۰ میلی‌متر جیوه شروع شد (۳۰, ۳۱) و هر هفته ۲۰ میلی‌متر جیوه به آن اضافه شد تا در انتها به فشار۱۰۰میلی‌متر جیوه رسید. این میزان فشار، کاهش و محدودیت جریان خون لازم مورد اطمینان را ایجاد می‌کرد. به‌علاوه فشار محدودکننده‌ای که بیشتر پژوهش‌ها به‌کار برده‌اند، برای تمرینات اندام بالاتنه ۴۰ تا۱۲۰ میلی‌متر جیوه بود، درحالی‌که برای پایین‌تنه به‌دلیل درگیری بیشتر تودهٔ عضلانی از فشار بین ۱۶۰تا۲۴۰میلی‌متر استفاده می‌شود (۳۱، ۲۸، ۱۲).

درصد چربی: با استفاده از کالیپر لانج ضخامت چین پوستی در هفت ناحیهٔ نواحی سینه، زیر بغل، پهلو (فوق خاصره)، شکم، جلوی ران، پشت بازو و زیرکتف اندازه‌گیری شد تا با استفاده از فرمول هفت‌نقطه‌ای جکسون-پولاک درصد چربی آزمودنی‌ها محاسبه شود.

$$S=\text{سینه + زیر بغل + پشت بازو + تحت کتف + شکم + فوق خاصره + جلوی ران}$$

$$D_b=1/112-(0/000043499(\mathbf{S}))+(0/000000055(S)^2)-(0/000028826(\text{سن}))\ \text{چگالی بدن}$$

نمونه‌های خونی: در دو مرحله (حالت پایه قبل از دورهٔ تمرینی و بعد از ۲۴ ساعت دورهٔ تمرینی) در شرایط استراحتی از هر دو گروه ۵ میلی‌لیتر از ورید بازویی اخذ شد و در لوله‌های حاوی ضدانعقاد اتیلن دی آمین ترا استیک اسید EDTA ریخته شد و در دمای ۸۰ ـ نگهداری شد تا اینکه پس از جداسازی پلاسما با دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه و در دمای ۴ درجهٔ سلسیوس هورمون‌های آنابولیکی و کاتابولیکی آن (با کیت‌های testosterone شرکت IBL و Cortisol شرکت مونوبایند) با روش الایزه اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری قدرت پنجهٔ دست غالب: برای سنجش قدرت گرفتن پنجهٔ دست غالب قبل و بعد از دورهٔ تمرین از دینامومتر هیدرولیک جامار JAMAR (Sammons preston rolyan Nottinghamshire, UK) که اندازهٔ قدرت را با واحد کیلوگرم نیرو نشان می‌داد، استفاده شد (۳۲).

اندازه‌گیری سرعت صعود: به‌منظور ثبت رکورد سرعت صعود از دیوار ۱۵متری یکسان، دو گروه به‌صورت رقابتی دوبه‌دو تحت نظارت مربی و داور بین‌المللی بعد از ۱۲جلسه تمرین مسابقه دادند و رکورد سرعت آنها با واحد ثانیه ثبت شد.

روش‌های آماری

به‌منظور بررسی داده‌ها از آمار توصیفی (میانگین، انحراف استاندارد و رسم نمودارها و جداول) و استنباطی استفاده شد. اما در بخش استنباطی ابتدا برای اطمینان از طبیعی بودن داده‌ها به‌وسیلهٔ آزمون شاپیرو-ویلک تجزیه‌وتحلیل انجام گرفت. سپس از آزمون‌های تی وابسته و مستقل برای ارزیابی تفاوت داده‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هریک از گروه‌ها استفاده شد. تمامی عملیات آماری در سطح معناداری P≤۰/۰۵ به‌وسیلهٔ نرم‌افزار SPSS v16 انجام گرفت.

نتایج

جدول ۱. مشخصات توصیفی مشخصات فردی و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها

شاخص ها	میانگین± انحراف استاندارد
سن (سال)	۶۴/۵۵ ±۴/۶۹
قد (سانتی‌متر)	۱۶۸/۱۰±۵/۴
وزن (کیلوگرم)	۶۴/۴±۵۵/۶۹
درصد چربی بدن	۱۵/۳۰±۸/۵۰
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر/کیلوگرم در دقیقه)	۴۵/۳۸±۵/۱۶

براساس آزمون آماری تی همبسته میزان تستوسترون بعد از ۴ هفته تمرین در گروه محدودیت جریان خون (BFR) نسبت به قبل از دورهٔ تمرین سنگ‌نوردی افزایش معناداری داشت (P≤۰/۰۵). اما در گروه بدون محدودیت جریان خون (بدون BFR) این تغییر تفاوت معناداری نداشت (P>۰/۰۵).

اطلاعات آزمون آماری تی همبسته نشان داد که میزان کورتیزول بعد از اتمام دورهٔ تمرینی در گروه محدودیت جریان خون (BFR) و گروه بدون محدودیت جریان خون (بدون BFR) نسبت به قبل از دورهٔ تمرین سنگ‌نوردی افزایش معناداری نداشت (P>۰/۰۵).

در نهایت براساس اطلاعات آماری میزان نسبت تستوسترون به کورتیزول بعد از ۴ هفته تمرین در گروه محدودیت جریان خون (BFR) نسبت به قبل از دورهٔ تمرین سنگ‌نوردی افزایش معناداری داشت

(P≤۰/۰۵). اما در گروه بدون محدودیت جریان خون (بدون BFR) نسبت تستوسترون به کورتیزول بعد از دورهٔ تمرینی نسبت به قبل از آن افزایش معناداری نداشت (P>۰/۰۵).

جدول ۲. تغییرات میزان متغیرهای اندازه‌گیری‌شده در گروه‌های تمرینی در قبل و بعد از دورهٔ تمرینی و نتیجهٔ آزمون‌های تی وابستهٔ آنها

متغیر	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	Sig
تستوسترون (ng/ml)	BFR	۲/۸۵±۲/۴۰	۳/۸۰±۳/۴۶	٭۰/۰۲
	بدون BFR	۳/۴۹±۳/۱۱	۳/۵۷±۳/۰۷	۰/۵۸
کورتیزول (µg/dl)	BFR	۲۰/۶۳±۲/۴۶	۲۰/۲۰±۱/۸۷	۰/۵۴
	بدون BFR	۲۱/۲۱±۲/۵۸	۲۱/۰۵±۲/۰۳	۰/۸۵
نسبت تستوسترون به کورتیزول	BFR	۰/۱۳۵±۰/۱۱۰	۰/۱۸۶±۰/۱۶۸	٭۰/۰۳
	بدون BFR	۰/۱۶۰±۰/۱۴۲	۰/۱۶۶±۰/۱۴۰	۰/۶۶
قدرت پنجهٔ دست برتر (kgF)	BFR	۴۱/۹۰ ± ۱۱/۰۸	۴۷/۶۵ ± ۱۳/۰۱	٭۰/۰۰۶
	بدون BFR	۴۱/۸۵ ± ۷/۳۵	۴۷/۴۱ ± ۸/۵۹	٭۰/۰۰۰

٭ سطح معناداری آزمون آماری تی وابسته P≤۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

جدول۳. تغییرات عملکرد سرعت صعود در گروه‌های تمرین بعد از دورهٔ تمرینی و نتیجهٔ آزمون تی مستقل آنها

متغیر	پس‌آزمون گروه BFR	پس‌آزمون گروه بدون BFR	t	Df	Sig
عملکرد سرعت صعود (ثانیه)	۱۱/۱۲ ± ۱/۲۵	۱۲/۳۱ ± ۱/۱۰	-۲/۲۹۸	۱۸	٭۰/۰۳

٭ برای ارزیابی عملکرد سرعت با آزمون آماری تی مستقل، سطح معناداری P≤۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

بحث

از هورمون‌های مهم آنابولیک که در مطالعهٔ حاضر بررسی شد، تستوسترون بود و مشاهده شد که دورهٔ تمرینی سنگ‌نوردی با محدودیت جریان خون بعد از ۴ هفته موجب افزایش معناداری این هورمون نسبت به قبل از تمرین شد، درحالی‌که هورمون تستوسترون بعد از دورهٔ تمرینی سنگ‌نوردی معمول و بدون محدودیت جریان خون افزایش معناداری نداشت. با توجه به اینکه تحقیقی در مورد پاسخ هورمونی تمرین سنگ‌نوردی یافت نشد، اما در مطالعه‌ای مشابه مادارام و همکاران (۳۳) پاسخ‌های اندوکراینی به تمرین مقاومتی کم‌شدت با محدودیت جریان خون را با تمرین شدید بدون محدودیت جریان خون در عضلات

اندام‌های تحتانی و فوقانی بررسی کردند. در هر دو نوع تمرین افزایش معناداری در سطوح هورمون تستوسترون مشاهده شد، بنابراین اثربخشی تمرین با محدودیت جریان خون در مطالعهٔ مذکور تأیید می‌شود که با یافتهٔ تحقیق حاضر همسوست. ویژگی‌های برنامهٔ تمرین مقاومتی برای افزایش هورمون تستوسترون حجم بالا و شدت از متوسط تا بالا، دورهٔ تناوبی استراحتی و استفاده از تودهٔ عضلانی بزرگ است (۲۲). اگر ورزش نتواند محور هیپوتالاموسی-هیپوفیزی را تحریک کند، هورمون تستوسترون تولید نخواهد کرد (۳۴). در نتیجه احتمالاً پروتکل‌های تمرینی در مطالعهٔ حاضر در گروه BFR به اندازهٔ کافی این محور را برای تغییر ترشح هورمون تستوسترون تحریک کرده است.

در مطالعهٔ حسینی و همکاران (۳۵) هیچ‌کدام از دو نوع برنامهٔ تمرین مقاومتی با و بدون انسداد عروقی تأثیری بر میزان تستوسترون نداشت که با نتایج تحقیق حاضر ناهمسوست. احتمالاً از دلایل افزایش یا عدم افزایش تستوسترون جنسیت آزمودنی‌های تحقیق است که در مطالعهٔ حسینی تمامی آزمودنی‌ها زن بودند و در زنان هم هورمون T پایه بسیار پایین است (۳۶). از طرفی مقدار پاسخ هورمونی به بار تمرینی به شدت و حجم نوع تمرین بستگی دارد (۱۷) که می‌تواند به‌عنوان علت تفاوت و ناهمسویی در نظر گرفته شود. راستاد و همکاران (۳۷) در پژوهش خود نشان دادند افرادی که شش تکرار اکستنشن پا را با ۱۰۰درصد شدت انجام دادند، افزایش بیشتری در میزان تستوسترون نسبت به افراد با شش تکرار ۷۰ درصد شدت تمرین نشان دادند. این یافته اثر شدت تمرین را بر میزان ترشح تستوسترون تأیید می‌کند. تحقیقات نشان می‌دهد که نورون‌های حسی درون بیضه در اثر افزایش کاتکولامین‌ها که به تناسب شدت تمرین بالا می‌رود، ترشح هورمون تستوسترون را تحریک می‌کند (۳۸).

نتایج پژوهش حاضر در مورد هورمون کورتیزول نشان می‌دهد که در سطوح این هورمون بعد از هر دو نوع تمرین سنگ‌نوردی با و بدون محدودیت جریان خون نسبت به حالت قبل از دورهٔ تمرینی اختلاف معناداری مشاهده نشد. نتایج تحقیق ریوز و همکاران (۳۹) نیز نشان داد عدم افزایش میزان کورتیزول پس از تمرین‌های مقاومتی با یافتهٔ تحقیق حاضر همخوانی دارد. در پژوهش مادارام و همکاران (۳۳) که با هدف بررسی پاسخ اندوکراینی به تمرین کم‌شدت همراه با محدودیت جریان خون انجام گرفت، سطح کورتیزول افزایش معناداری را پس از انجام تمرین‌ها نسبت به حالت استراحت نشان داد. احتمالاً میزان شدت و حجم تمرین فشار کاف اندام بالاتنه ۱۳۰ و پایین‌تنه۲۰۰ میلی‌متر جیوه بود که هر کدام می‌تواند از عوامل ناهمسو بودن نتایج با مطالعهٔ حال حاضر باشد، زیرا امکان دارد فشار نسبی در این مطالعه کمتر از میزان فشاری باشد که به مشاهدهٔ فشار مکانیکی-متابولیکی منجر شود (۴۰). بسیاری از مطالعات نشان

می‌دهند که تنها تمرین مقاومتی با نیاز متابولیکی خیلی بالا افزایش پاسخ هورمونی کورتیزول را تحریک می‌کند و تمرین متوسط بر سطوح هورمونی کورتیزول تأثیری ندارد (۲۲). به‌علاوه تفاوت‌های ژنتیکی و استرس طولانی‌مدت و شرایط روحی و روانی افراد نیز می‌تواند الگوی ترشح کورتیزول را در افراد مختلف تغییر دهد (۳۶).

نسبت تستوسترون به کورتیزول بیان‌کنندهٔ تعادل آنابولیک و کاتابولیک عضله است (۴۱). همچنین از این نسبت به‌عنوان شاخص فشار تمرین استفاده می‌شود و افزایش در این شاخص نشان‌دهندهٔ چندین پاسخ به تمرین مانند هایپرتروفی و افزایش قدرت است (۴۲). یکی از شاخص‌های متابولیسمی مهم تمرینی که در مطالعهٔ حاضر بررسی شد، نسبت تستوسترون به کورتیزول بود و مشاهده شد که دورهٔ تمرینی سنگ‌نوردی با محدودیت جریان خون بعد از ۴ هفته موجب افزایش معناداری این شاخص نسبت به قبل از تمرین شده است، درحالی‌که شاخص تستوسترون به کورتیزول بعد از دورهٔ تمرینی سنگ‌نوردی معمول و بدون محدودیت جریان خون افزایش معناداری نداشت. تا به حال تحقیقی در مورد بررسی پاسخ هورمونی نسبت تستوسترون به کورتیزول با تمرین سنگ‌نوردی یا هر نوع تمرینی با محدودیت جریان خون یافت نشده است. در مطالعهٔ مشابهی دشتی و همکاران (۱۷) با هدف بررسی پاسخ هورمونی تمرین مقاومتی حجمی و قدرتی دریافتند که در هر دو نوع تمرین معمول حجمی و قدرتی کاهش معناداری در میزان نسبت تستوسترون به کورتیزول مشاهده شد که با نتایج مطالعهٔ حاضر ناهمسوست. یکی از علل مهم تفاوت و ناهمخوانی به احتمال زیاد تفاوت در شدت و فشار زیاد تمرین است. اما در تحقیقی دیگر با تأثیر تمرین فوتسال به‌همراه BFR بر نسبت تستوسترون به کورتیزول به این نتیجه رسیدند که تمرین فوتسال در حالت محدودیت جریان خون موجب افزایش نسبت تستوسترون به کورتیزول شد (۲۳) که با یافتهٔ این تحقیق همخوانی دارد که دلیل این افزایش احتمالاً اثربخشی تمرین و تحریک محور هیپوتالاموس-هیپوفیز به نفع افزایش گناد و تروپ‌ها و در نهایت افزایش ترشح تستوسترون است.

در مورد افزایش سرعت یا قدرت پنجهٔ دست برتر به‌عنوان نتیجهٔ سازگاری عضلانی بعد از ۱۲جلسه تمرین سنگ‌نوردی همراه با BFR، نتایج نشان داد که قدرت پنجهٔ دست و سرعت عملکرد افزایش یافت که با افزایش قدرت عضلانی و عملکرد ورزشی طی تمرین فوتسال در شرایط BFR (۲۵، ۲۳)، افزایش قدرت با حداکثر گشتاور انقباض ایزوکینتیکی ارادی در باز شدن زانو و در حرکت یک تکرار بیشینهٔ اسکوات در پاورلیفتکارهای سطح ملی (۴۳)، افزایش قدرت عضلات چهارسر ران در تمرینات ورزشی درون آبی همراه با محدودیت جریان خون (۴۴) همسوست. بنابراین تمرین ورزشی در شرایط BFR به افزایش

قدرت منجر می‌شود و رشد قدرت و تودهٔ عضلانی هم به‌واسطهٔ عوامل هورمونی و عصبی تنظیم می‌شود (۴۵). بنابراین در این تحقیق احتمالاً یکی از عوامل افزایش قدرت و عملکرد سرعت، افزایش نسبت تستوسترون به کورتیزول به‌عنوان شاخص آنابولیکی تمرین است.

با توجه به بررسی و مقایسهٔ مطالعات مشابه اندک انجام‌گرفته با تحقیق حاضر می‌توان گفت پژوهشگران از انواع پروتکل‌های تمرینی و با شدت‌ها و حجم‌های متفاوت، درجات و روش‌های متفاوت محدودیت جریان خون و همچنین از آزمودنی‌های متفاوت از نظر جنس و نوع رشتهٔ ورزشی و... استفاده کردند که هر کدام می‌تواند دلیل ناهمخوانی نتایج قلمداد شود. از جمله محدودیت‌های این پژوهش عدم کنترل عوامل روانی و استرس‌زای آزمودنی‌ها در طول تمرین و طی شبانه‌روز است که پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی از مربی روان‌شناس در طول دورهٔ تمرین نیز استفاده شود.

نتیجه‌گیری

در مجموع می‌توان گفت تمرین سنگ‌نوردی با محدودیت جریان خون به‌جای تمرین معمول سنگ‌نوردی و به‌عنوان راهبرد تمرینی موجب افزایش بعضی هورمون‌های آنابولیک و افزایش هایپرتروفی و قدرت عضلانی می‌شود و در بهبود عملکرد ورزشی سنگ‌نوردان مؤثر خواهد بود، بنابراین استفاده از این روش تمرینی برای ورزشکاران سنگ‌نوردی توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

مطالعهٔ حاضر بخشی از رسالهٔ مقطع دکتری با کد پروپوزال ۱۰۱۲۱۴۰۴۹۷۲۰۱۳به تاریخ ثبت۹۸/۴/۱۰ مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی است که بدین‌وسیله پژوهشگران مراتب قدردانی و تشکر خود را از استادان و مسئولان محترم بخش پژوهشی دانشگاه اعلام می‌دارند. همچنین از همکاری صمیمانهٔ آقای دکتر جواد وکیلی و مربی تیم ملی سنگ‌نوردی، آقای منصور آقایی به‌همراه اعضای تیم که در این طرح ما را یاری کردند، سپاسگزاریم.

منابع و مآخذ

1. Lutter C, El-Sheikh Y, Schöffl I, Schöffl V. Sport climbing: medical considerations for this new Olympic discipline. British Journal of Sports Medicine. 2017;51(1):2-3.

2. Draper N, Dickson T, Blackwell G, Priestley S , Eyer S, Marshall H, et al. Sport-specific power assessment for rock climbing. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 2011;51(3):417-25
3. 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 Cond Res. 2015;29(7):2006-14.
4. Ozimek M, Rokowski R, Draga P, Ljakh V, Ambrozy T, Krawczyk M, et al. The role of physique, strength and endurance in the achievements of elite climbers. PLoS One. 2017;12(8):e0182026
5. Michailov M, Mladenov L, Schöffl V. Anthropometric and strength characteristics of world-class boulderers. Medicina Sportiva. 2009;13(4):231-8
6. Rokowski R, Tokarz R. Importance of motoric capabilities of energy ground in sport climbing in competition of on-sight. Antropomotoryka. 2007;17(40):81-91
7. J. Balas OP, A. J. Martin and D. Cochrane. Hand–Arm Strength and Endurance as Predictors of Climbing Performance. European Journal of Sport Science. 2012;12(1):16-25
8. Hasani-Ranjbar S, Far ES, Heshmat R, Rajabi H, Kosari H. Time course responses of serum GH, insulin, IGF-1, IGFBP1, and IGFBP3 concentrations after heavy resistance exercise in trained and untrained men. Endocrine. 2012;41(1):144-51
9. Miyachi M, Kawano H, Sugawara J, Takahashi K, Hayashi K, Yamazaki K, et al. Unfavorable effects of resistance training on central arterial compliance: a randomized intervention study. Circulation. 2004;110(18):2858-63
10. Takarada Y, Sato Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. European journal of applied physiology. 2002;86(4):308-14
11. Manini TM, Clark BC. Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. Exercise and sport sciences reviews. 2009;37(2):78-85
12. 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. The Journal of Physiological Sciences. 2017;67(1):207-15
13. Scott BR, Loenneke JP, Slattery KM, Dascombe BJ. Blood flow restricted exercise for athletes: A review of available evidence. Journal of science and medicine in sport. 2016;19(5):360-7
14. Taylor CW, Ingham SA, Ferguson RA. Acute and chronic effect of sprint interval training combined with postexercise blood-flow restriction in trained individuals. Experimental physiology. 2016;101(1):143-54
15. 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. European journal of applied physiology. 2016;116(4):749-57

16. 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. Journal of sports science & medicine. 2014;13(1):91
17. H . dashti mgams. Acute Testosterone and Cortisol Hormonal Responses to Volume and Strength Resistance Traiining in Untrained Young Males (in persian). j Motor Sports and Life Sciences. 2015;6(12):55-64
18. O'leary C, Hackney A. Acute and chronic effects of resistance exercise on the testosterone and cortisol responses in obese males: a systematic review. Physiological research. 2014;63(6)
19. Vingren JL, Kraemer WJ, Ratamess NA, Anderson JM, Volek JS, Maresh CM. Testosterone physiology in resistance exercise and training. Sports medicine. 2010;40(12):1037-53
20. Levine A, Zagoory-Sharon O, Feldman R, Lewis JG, Weller A. Measuring cortisol in human psychobiological studies. Physiology & behavior. 2007;90(1):43-53
21. Handziski Z, Maleska V, Petrovska S, Nikolik S, Mickoska E, Dalip M, et al. The changes of ACTH, cortisol, testosterone and testosterone/cortisol ratio in professional soccer players during a competition half-season. Bratislavské lekárske listy. 2006;107(6/7):259
22. Kraemer WJ, Ratamess NA. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. Sports medicine. 2005;35(4):339-61
23. Amani-Shalamzari S, Sarikhani A, Paton C, Rajabi H, Bayati M, Nikolaidis PT, et al. Occlusion Training During Specific Futsal Training Improves Aspects of Physiological and Physical Performance. Journal of Sports Science & Medicine. 2020;19(2):374
24. Luebbers PE, Fry AC, Kriley LM, Butler MS. The effects of a 7-week practical blood flow restriction program on well-trained collegiate athletes. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2014;28(8):2270-80
25. Amani-Shalamzari S, Farhani F, Rajabi H, Abbasi A, Sarikhani A, Paton C, et al. Blood flow restriction during futsal training increases muscle activation and strength. Frontiers in Physiology. 2019;10:614
26. Conceicao MS, Junior EM, Telles GD, Libardi CA, Castro A, Andrade AL, et al. Augmented anabolic responses after 8-wk cycling with blood flow restriction. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2019;51(1):84-93
27. Fattah A, Salem H. Effect of Occlusion Swimming Training on Physiological Biomarkers and Swimming Performance. World Journal of Sport Sciences. 2011;75
28. 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):667-667
29. Pope ZK, Willardson JM, Schoenfeld BJ. Exercise and blood flow restriction. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2013;27(10):2914-26
30. 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 Medicine. 2016;46(6):913-21

31. Hunt JE, Stodart C, Ferguson RA. The influence of participant characteristics on the relationship between cuff pressure and level of blood flow restriction. European journal of applied physiology. 2016;116(7):1421-32
32. L. Pizzigalli MMC, L. A. T. A, A. Rainoldi and R. Benis. Hand Grip Strength and Anthropometric Characteristics in Italian Female National Basketball Teams. The Journal of sports medicine and physical fitness. 2017;57:521-8
33. Madarame H, Sasaki K, Ishii N. Endocrine responses to upper-and lower-limb resistance exercises with blood flow restriction. Acta Physiologica Hungarica. 2010;97(2):192-200
34. Deuster PA, Petrides JS, Singh A, Lucci EB, Chrousos GP, Gold PW. High intensity exercise promotes escape of adrenocorticotropin and cortisol from suppression by dexamethasone: sexually dimorphic responses. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 1998;83(9):3332-8
35. S. A. R. Hosseini Kakhk PZ, A. H. Haghighi and M. Khademosharie. omparison of Hormonal Responses to Strength Training with and without Blood Flow Restriction. Journal of Sport Biosciences. 2015;7:391-405
36. Kurina LM, Weiss LA, Graves SW, Parry R, Williams GH, Abney M, et al. Sex differences in the genetic basis of morning serum cortisol levels: genome-wide screen identifies two novel loci specific to women. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 2005;90(8):4747-52
37. Raastad T, Bjøro T, Hallen J. Hormonal responses to high-and moderate-intensity strength exercise. European journal of applied physiology. 2000;82(1-2):121-8
38. Amiri R, Esfarjani F, Marandi S.M. Comparison of Metabolic Some Hormones Response to Resistance Training with Different Intensity with and without Blood Flow Restriction in Active Girls. Sport Physiology. 2018;10(37):185-202
39. Reeves GV, Kraemer RR, Hollander DB, Clavier J, Thomas C, Francois M, et al. Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion. J Appl Physiol (1985). 2006;101(6):1616-22
40. S. A. R. Hosseini Kakhk AI, A. H. Haghighi and Z. Sharifan. The effect of single bout of resistance exercise with and without vascular occlusion on lactate deydrogenase, creatine kinase in young girls. Sport Physiology. 2016;8(30):51-64
41. Izquierdom M, Hakkinen K, Anton A, Garrues M, Ibanez J, Ruesta M, et al. Maximal strength and power, endurance performance, and serum hormones in middle-aged and elderly men. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2001;33(9):1577-87.
42. Rahimi HRaME. Effects of Very Short Rest Periods on Testosterone to Cortisol Ratio During Heavy Resistance Exercise in Men. Apunts Medicina de l'Esport (English Edition). 2011;46(171):145-9
43. Bjørnsen T, Wernbom M, Kirketeig A, Paulsen G, Samnøy LE, Bækken LV, et al. Type 1 Muscle Fiber Hypertrophy after Blood Flow–restricted Training in Powerlifter. 2018

Changes in Basal Levels of Testosterone, Cortisol and Their Ratio after 4 Weeks of Rock Climbing Training with Blood Flow Restriction in Elite Male Rock Climbers

Karim Ebadifar[1] - Hasan Matin Homaee[*2] - Abdolali Banaeifar[3]
1.PhD Student, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran 2. Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran 3. Associate Professor, Department of Exercise Physiology, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
(Received: 2020/11/23 ; Accepted: 2021/02/20)

Abstract
Resistance training with blood flow restriction (BFR) as a training strategy preventing joint and tissue injuries, increases anabolic hormones, hypertrophy and muscle strength. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of 12 sessions of rock climbing with BFR on testosterone, cortisol and their ratio in elite rock climbers. In this quasi-experimental study with a pretest-posttest design, 20 male rock climbers (weight: 64.55±4.69 kg, fat percentage: 15.30±8.50 and age: 26±2.6 years) were selected purposively and were randomly divided into two training groups (10 men each) with BFR and without BFR. The training protocol was 4 weeks and 3 sessions of rock climbing per week. Blood pressure was about 40 to 100 mm Hg. Fasting blood samples were collected 24 hours before and after training to determine testosterone and cortisol levels. Also, the strength of the dominant hand grip and climbing speed were measured. Data were analyzed using paired and independent t tests at $P<0.05$. Results showed that the testosterone ($P=0.02$), the ratio of testosterone to cortisol ($P=0.03$), hand grip strength ($P=0.006$) and climbing speed ($P=0.03$) increased significantly after rock climbing training compared with the period before the training. Also, cortisol did not change significantly in both groups after the training compared with the period before the training ($P=0.54$, $P=0.85$). It seems that rock climbing training with BFR increases anabolic hormones and it can be used to improve the performance of rock climbers.

Keywords
Blood flow restriction, cortisol, rock climbing, testosterone.

[*] Corresponding Author: Email: hasanmatinhomaee@gmail.com ; Tel: +989123680810