پژوهش‌نامهٔ فیزیولوژی ورزشی کاربردی **مقاله پژوهشی**
سال نوزدهم/ شماره سی و هفت/بهار و تابستان ۱۴۰۲

دریافت: ۱۴۰۳/۲/۲۳ پذیرش: ۱۴۰۳/۳/۱۵ ص ص: ۱۰۶-۹۱

اثر حاد فعالیت مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون و ماسک هایپوکسی بر غلظت پلاسمایی IGF-1، لاکتات خون و میزان درک فشار فعالیت در مردان تمرین کرده

ابوالفضل رحمانی[۱]، جواد مهربانی[۲]

چکیده

اهداف: فعالیت مقاومتی با شیوه‌های نوین تمرینی پاسخ‌های فیزیولوژیکی و روانی مختلفی را به همراه دارد. از این رو، هدف اصلی این پژوهش بررسی آثار محدودیت جریان خون و ماسک هایپوکسی بر غلظت پلاسمایی عامل رشد شبه انسولین-۱ (IGF-1)، لاکتات خون و میزان درک فشار فعالیت در پاسخ حاد فعالیت مقاومتی در افراد تمرین کرده بود.

روش مطالعه: در این مطالعه ۱۱ فرد تمرین کرده (با میانگین سنی سال ۵/۷۰ ± ۲۹/۱۸ و شاخص توده بدنی۳/۸۰ ± ۲۵/۲۷کیلوگرم بر متر مربع) به مدت سه هفته متوالی به صورت تصادفی و در سه گروه سنتی (کنترل) (1RM ۷۵٪-۸۰٪)، فعالیت مقاومتی به همراه محدودیت جریان خون و ماسک هایپوکسی (1RM ۲۰٪-۵۰٪) قرار گرفتند. فعالیت مقاومتی شامل اجرای ۴ نوبت حرکت باز شدن پا بود. نمونه‌های خونی قبل و بلافاصله بعد از فعالیت اندازه‌گیری شد و برای ارزیابی شاخص درک فشار فعالیت، آزمودنی‌ها با اجرای هر نوبت از فعالیت وضعیت خود را با توجه به جدول ۶-۲۰ ارزشی مقیاس بورگ نسبت به فشار تمرین گزارش می‌دادند. داده‌ها با استفاده از روش تجزیه و تحلیل واریانس مکرر، آزمون های تجزیه و تحلیل واریانس مختلط و آزمون تعقیبی بونفرونی در سطح معناداری $p<۰/۰۵$ مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: هر سه روش فعالیت مقاومتی موجب افزایش معنی‌دار لاکتات خون و میزان درک فشار ($p<۰/۰۵$) و عدم تغییر غلظت پلاسمایی IGF-1 در روش بدون محدودیت پس از فعالیت شد. همچنین، فعالیت مقاومتی با ماسک هایپوکسی میزان غلظت لاکتات خون و درک فشار فعالیت را به اندازه قابل توجهی نسبت به دو روش دیگر افزایش داد ($p<۰/۰۰۱$).

نتیجه گیری: نتایج این تحقیق نشان داد که فعالیت مقاومتی با هر سه روش تمرینی موجب پاسخ‌های متفاوت غلظت پلاسمایی IGF-1 لاکتات خون و میزان درک فشار فعالیت می‌شود که میزان این تغییرات بستگی به شدت و نوع تمرین به کارگرفته شده دارد.

واژه‌های کلیدی: فعالیت مقاومتی، کاتسو، محدودیت جریان خون، ماسک هایپوکسی، فاکتور رشد شبه انسولین-۱، لاکتات خون.

[۱] دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
[۲] دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران. نویسنده مسئول: mehrabanij@guilan.ac.ir

مقدمه

امروزه انجام فعالیت بدنی به‌ویژه تمرین مقاومتی به‌عنوان یک روش تمرینی مؤثر از سوی جامعه‌ی پزشکی و ورزشی مورد حمایت قرارگرفته است. مطالعات نشان می‌دهند چنانچه یک برنامه تمرینی با شدتی کمتر از شدت بیشینه (کمتر از ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه)، اما همراه با محدودیت جریان خون[1] (BFR) انجام شود، از محرک کافی برای افزایش حجم و قدرت عضلانی نیز برخوردار خواهد بود (Fujita et al, 2008; Loenneke et al, 2011). کالج پزشکی ورزشی آمریکا (ACSM)[2] توصیه دارد برای دستیابی به رشد عضلانی طی تمرینات مقاومتی باید شدت تمرین حداقل ۶۵ درصد یک تکرار بیشینه[3] (1RM) باشد (Ahtiainen et al, 2005). فعالیت با محدودیت جریان خون موجب کاهش جریان خون عضله از طریق ابزاری مانند کاف فشارخون می‌شود (Kraemer et al., 2002). انجام فعالیت مقاومتی تحت شرایط هایپوکسی عمومی هم تا حدودی باعث افزایش لاکتات و ترشح هورمون‌هایی همچون هورمون رشد، فاکتور رشد شبه انسولین-۱ و تستوسترون می‌شود (Brendan et al, 2014). به نظر می‌رسد برخلاف هایپوکسی موضعی که قسمت خاصی از بدن را بیشتر تحت تأثیر خود قرار می‌دهد، هایپوکسی سیستمیک[4] (SH) اجازه می‌دهد تا گروه‌های بزرگ عضلانی یا کل بدن تحت تأثیر قرار بگیرند (Brendan et al, 2014).

هورمون رشد به روش غیرمستقیم یعنی از راه تولید فاکتور رشد شبه انسولین-۱ (IGF-1)[5] در کبد می‌تواند رشد عضلات را افزایش دهد (Fujita et al, 2008). همچنین، تغییر در غلظت هورمون‌ها پس از تمرین، به‌صورت حاد (افزایش ناگهانی پس از تمرین، تأثیر پاسخی) و همچنین از طریق سازگاری (افزایش غلظت در طولانی‌مدت، تأثیر سازشی)، تأثیرات خود را بر تودهٔ عضلانی بر جای می‌گذارد (Rahmani et al, 2018). نشان داده شده است که پس از فعالیت مقاومتی شدید حاد، میزان غلظت هورمون رشد افزایش می‌یابد در حالی که این پاسخ هورمون رشد با IGF-1 همبستگی نداشته است. به‌طوری که، غلظت IGF-1 و ترشح آن می‌تواند بوسیله انقباض عضلانی و تحریک توسط هورمون رشد، تغییر کند (Kraemer et al, 1990). اخیراً تحقیقات مربوط به فعالیت ورزشی و تمرین نشان می‌دهند که تنظیم حاد IGF-1 در پی فعالیت ورزشی به GH وابسته نیست (Moore et al, 2004). همچنین، لوانک و همکاران نشان دادند که فعالیت IGF-1 طی تمرینات انسدادی در هاله‌ای از ابهام است چرا که برخی مطالعات افزایش و برخی دیگر عدم تغییر را گزارش کردند (Loenneke et al, 2010). اما به تازگی نشان داده شده است که انجام تمرینات در شرایط هایپوکسی سیستمیک پاسخی مشابه‌ی BFR دارد اما بهتر است تمرینات مربوط به BFR را برای افراد سالمند و SH را برای افراد ورزشکار به کار گیریم (Scott et al, 2014). همچنین، نشان داده شده که فعالیت مقاومتی با شدت کم می‌تواند در شرایط هایپوکسی باعث واکنش‌های متابولیکی و هورمونی بیشتری نسبت به حالت نورموکسی شود (Kon et al, 2012). در تحقیقی دیگر نشان داده شد که هیپوکسی شدید می‌تواند عامل مهمی برای افزایش هورمون رشد در پاسخ به تمرینات با حداکثر سرعت باشد (Kon et al, 2015). همچنین گزارش شده است که فعالیت مقاومتی با BFR و شدت بالا نسبت به فعالیت مقاومتی با شدت کم به‌تنهایی می‌تواند افزایش قابل توجهی بر سطوح

[1] Blood Flow Restriction
[2] American College of Sports Medicine
[3] One-Repetition Maximum
[4] Systemic Hypoxia
[5] Insulin-like Growth Factor 1

IGF-1 داشته باشد (Seo et al, 2016). در پژوهشی نشان داده شد که ماسک تمرینی می‌تواند حداکثر اکسیژن مصرفی و لاکتات خون را به‌طور قابل توجهی نسبت به گروه کنترل افزایش دهد (Ramadan et al, 2021). همچنین، در پژوهشی دیگر کوربی و همکاران نشان دادند که سطوح GH به‌طور قابل توجهی پس از فعالیت مقاومتی در شرایط هیپوکسی بیشتر از گروه نورموکسی بوده است (Kurobe et al, 2015). به طورکلی این یافته‌ها بیانگر آن است که ایجاد محدودیت به هر دو شکل سیستمیک و موضعی می‌تواند عامل مهمی برای افزایش متابولیت‌ها و عوامل هورمونی در پاسخ به تمرینات مقاومتی باشد.

تعیین شدت فعالیت ورزشی یک عامل مهم برای عملکرد ورزشی است. حال، استفاده از مقیاس درک فشار[1] (RPE) یک راه غیرتهاجمی برای دانستن میزان شدت تلاش است. مقیاس استانداردی که برای رتبه بندی درک فشار استفاده می‌شود مقیاس بورگ است (Krause, 2010). با این حال، پوتون و همکاران افزایش قابل‌توجهی از RPE را در گروه فعالیت مقاومتی به همراه محدودیت جریان خون با شدت کم را نسبت به دو گروه دیگر (فعالیت مقاومتی با شدت بالا و شدت کم) را گزارش کردند (Poton et al, 2016). همچنین، گزارش شده است که تمرین مقاومتی و هوازی به همراه محدودیت جریان خون در مقابله با تمرین بدون محدودیت جریان خون می‌تواند به RPE بالاتر منجر شود (Mendonca et al, 2014). از این رو، تعیین این‌که ورزشکار حین فعالیت ورزشی چه میزان از خستگی را تجربه می‌کند، برای مربیان و برنامه‌ریزان تمرینی، جهت کنترل شدت تمرین و طراحی و هدایت برنامه تمرینی مناسب برای دست‌یابی به کارایی مورد نظر و جلوگیری از آسیب‌ها، بسیار مؤثر است (Douda et al, 2006).

به‌طور کلی، تمرینات مقاومتی به عنوان بخش مهمی از برنامه‌های آمادگی و تندرستی در تمام جوامع مورد توجه قرارگرفته است این در حالی است که تمرینات با محدودیت جریان خون و همراه با ماسک هایپوکسی یا تمرین در ارتفاع به‌خصوص هایپوکسی موضعی اثر بخشی و سودمندی تمرینات مقاومتی را با وجود بار کم دوچندان می‌کند و موجب حفظ و بهبود سلامت و تمرین ایمن می‌شود که همین امر این شیوه از تمرینات را بیشتر مورد توجه قرار داده است (Moore et al, 2004; Rahmani et al, 2018). با این حال، مطالعات بسیار کمی از پاسخ‌های هورمونی، متابولیکی و درک فشار در ارتباط با شیوه‌های مختلف فعالیت مقاومتی و به‌کارگیری وسایل تمرینی مرتبط با آن انجام‌شده و در دسترس می‌باشد. بنابراین، مربیان ممکن است فعالیت مقاومتی با شدت کم در شرایط محدودیت جریان خون و هایپوکسی را به‌عنوان یک روش تمرینی بالقوه برای ورزشکارانی که نیاز به حفظ توده عضلانی و قدرت در طول فصل طولانی دارند، در نظر بگیرند که توجه به این موضوع می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد هدفمند و کاربردی در مباحث علم تمرین باشد. بنابراین، این پژوهش با هدف مطالعه تأثیر محدودیت جریان خون و ماسک هایپوکسی بر غلظت IGF-1، لاکتات خون و میزان درک فشار فعالیت در مردان تمرین کرده انجام گرفت.

روش‌شناسی تحقیق

تحقیق حاضر کاربردی از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود که به‌صورت کانتر بالانس، تصادفی و متقاطع اجرا شد. برای این منظور، پس از دریافت کد اخلاق برای این پژوهش، ۱۱ مرد تمرین کرده با سابقه ورزشی منظم بیشتر از یک سال و بدون سوابق بیماری قلبی عروقی و اسکلتی عضلانی و مصرف داروی خاص، انتخاب شدند. سپس افراد بعد از پرکردن پرسشنامه ویژه تعیین سطح فعالیت بدنی و اخذ رضایت‌نامه کتبی مبتنی

[1] Rated Perceived Exertion

بر شرکت داوطلبانه و آگاهانه در جلسات تمرین، به‌عنوان نمونه آماری انتخاب شدند و تحت مداخله قرار گرفتند. پس از اطمینان از سلامت عمومی و توانایی عمومی انجام پروتکل ورزشی، آزمودنی‌ها سه روز الی یک هفته قبل از انجام آزمایش‌های اصلی برای آشنایی با مراحل انجام تست در سالن بدنسازی حضور یافتند. به‌علاوه، ویژگی‌های اولیه آزمودنی‌ها مانند سن، قد، وزن، ترکیب بدن (BMI و WHR)، ضربان قلب و فشارخون در حالت نشسته اندازه‌گیری شد. همچنین، پس از جلسات آشنایی و اطمینان از روند اجرای پروتکل، برای تعیین یک تکرار بیشینه (1RM) در حرکت جلوپا دستگاه[1] (باز شدن پا) از فرمول واتن[2] استفاده شد (García-Ramos et al, 2019; Rahmani et al, 2018). همچنین، از آزمودنی‌ها خواسته شد حداقل تا ۲۴ ساعت قبل از فعالیت اصلی کافئین (چای و قهوه) مصرف نکرده و از مصرف غذاهای پرچرب نیز خودداری نمایند (Burgomaster et al, 2003). در این مطالعه از روش متقاطع استفاده شد بدین ترتیب که آزمودنی‌ها به مدت سه هفته متوالی به صورت کاملاً تصادفی در سه حالت سنتی (کنترل)، فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون و فعالیت مقاومتی به همراه ماسک هایپوکسی قرار گرفتند و هر هفته جای گروه‌ها عوض شد تا همه آزمودنی‌ها هر سه حالت را تجربه نمایند. بین سه تمرین گروه مقاومتی با BFR، با ماسک هایپوکسی و سنتی، یک هفته فاصله بود تا آثار متابولیکی و هورمونی ناشی از وهله‌ی اول تمرین از بین برود (Boroujerdi et al, 2008).

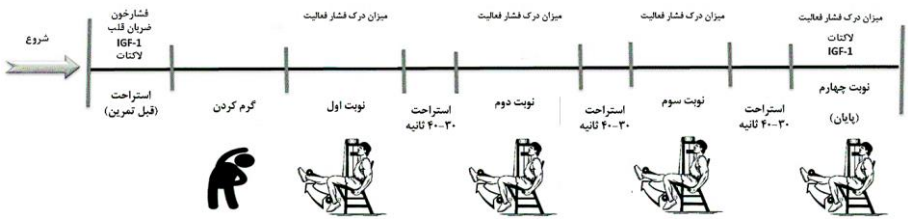
با توجه به این روش‌ها پروتکل اصلی فعالیت ورزشی، اجرای ۴ نوبت حرکت تک مفصلی جلوپا دستگاه (به‌دلیل درگیر بودن گروه‌های عضلانی بزرگ و زیاد) بود که به صورت، یک نوبت ۲۰ تکرار با ۳۰–۴۰ ثانیه استراحت بین نوبت‌ها با ۲۰ الی ۵۰ درصد حداکثر قدرت بیشینه اجرا شد و ادامه آن ۳ نوبت با ۱۵ تکرار و ۳۰–۴۰ ثانیه استراحت بین نوبت‌ها (بستگی به توان آزمودنی‌ها) که در مجموع ۶۵ تکرار بود، انجام گرفت (Kraemer et al, 2005; Rahmani et al, 2018). علاوه بر این، همه گروه‌های آزمایش زمانی را به گرم کردن و سرد کردن (شامل درجا زدن، دوچرخه ثابت و کشش‌ها) که حدود۱۰–۵ دقیقه گرم کردن و ۱۰ دقیقه سرد کردن می‌باشد اختصاص دادند. برای جلسات تمرینی همراه با محدودیت جریان خون، نخست فشار سیستولی بازوی آزمودنی‌ها را با استفاده از فشارسنج جیوه‌ای اندازه‌گیری کردیم. سپس بر اساس آن فشار سیستولی پاها را تخمین زدیم (گفته می‌شود فشار پاها ۱۲۰ درصد فشار بازوست) (Kraemer et al, 1990). از آن‌جا که فشار وارد شده روی ناحیه باید از فشار سیستولی همان ناحیه بیشتر باشد، فشار ۱/۳ برابر فشار سیستولی برای پاها در نظر گرفته شد که حدود ۱۶۰ تا ۱۸۰ میلی‌متر جیوه بود، البته به فشار سیستولی هر فرد بستگی داشت. با وجود این، در تمام مدت تمرین، حتی در فاصله‌ی استراحتی بین نوبت‌ها جریان خون با محدودیت همراه بود. شدت فعالیت مقاومتی به کار گرفته شده با توجه به آمادگی آزمودنی‌ها ۲۰–۵۰ درصد 1RM در نظر گرفته شد. البته برای اینکه مدت زمان تمرین مقاومتی برای تمام آزمودنی‌ها یکسان باشد، مدت هر انقباض باید در تمام اجرای تمرین با زمان‌سنج کنترل شود، که به طور میانگین برای هر انقباض ۴ ثانیه، شامل ۲ ثانیه رفت و ۲ ثانیه (۱/۲/۱/۲) برگشت، در نظر گرفته شد (Reeves et al, 2006). برای ایجاد محدودیت در جریان خون از کاف فشار رانی (مدل دستی) ساخت شرکت فراهوش الکترونیک آرسام (آنهوما) ایران زیرنظر پارک علم و فناوری فارس استفاده شد. همچنین، شرایط هیپوکسی سیستمیک را به وسیله ماسک تمرینی فانتوم اتلتیکس مدل P2-1000 ساخت کشور اتریش ایجاد کردیم که در ارتفاع ۴۹۰۰ متری (درجه ۴ از ماسک) تنظیم شده بود که در کل مرحله تمرینی (گرم کردن، تمرین اصلی) روی

[1] Leg Extension
[2] (100*W(KG))/ (48.8+[53.8*e^(-0.075*rep)])

صورت آزمون‌گر قرار داشت (López-Pérez et al, 2021; Rahmani et al, 2018). لازم به ذکر است که گروه تمرین سنتی تنها روش مرسوم وزنه زدن (۷۵ –۸۰ درصد یک تکرار بیشینه) را بدون هیچ محدودیتی اجرا کرد (شکل۱).

تمام جلسات تمرینی در بعدظهر (بازه زمانی ۱۴–۱۹) حداقل ۲ ساعت پس از صرف نهار در شرایط یکسان اجرا شد (Reeves et al, 2006). برای کسب نتایج دقیق‌تر آزمودنی‌ها ۴۸ ساعت پیش از اجرای مراحل پژوهش از مصرف میوه (دارای پتاسیم زیاد)، بتابلاکرها و داروهای محرک ضربان قلب منع شدند. نمونه‌های خونی قبل و بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی اندازه‌گیری شد. همچنین، برای ارزیابی شاخص درک فشار فعالیت، آزمودنی‌ها با اجرای هر نوبت از فعالیت وضعیت خود را با توجه به جدول ۶–۲۰ ارزشی مقیاس بورگ نسبت به فشار تمرین گزارش می‌دادند (Loenneke et al, 2015) (شکل۱).

با توجه به اهداف پژوهش، خون‌گیری در دو مرحله اجرا شد. در هر بار حدود ۵ میلی‌متر خون از ورید بازویی آزمودنی‌ها در حالت نشسته در زمان قبل از تمرین (استراحت) و بلافاصله پس از اتمام تمرین گرفته شد. برای جداسازی پلاسما، نمونه به مدت ۵ دقیقه و با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه در دستگاه شد و پلاسمای حاصل شده تا پایان پژوهش در دمای ۲۰– درجه سانتی‌گراد نگه‌داری گردید. اندازه‌گیری لاکتات با استفاده از دستگاه Mindray BS_380 و توسط کیت Greiner ساخت آلمان با درجه حساسیت ۱/. میلی‌گرم بر دسی‌لیتر اندازه گیری شد. همچنین، فاکتور رشد شبه انسولین_۱ با استفاده از کیت LDN ساخت کشور آلمان به روش الایزا اندازه‌گیری شد. وزن بدن با حداقل پوشش و بدون کفش با استفاده از ترازوی آزمایشگاهی (مدل Camry 9015) و قد به‌صورت ایستاده، بدون کفش با قد سنج دیواری اندازه‌گیری شد. نمایه توده بدن (BMI) با استفاده از فرمول (وزن برحسب کیلوگرم) تقسیم بر (قد برحسب متر به توان ۲) محاسبه شد. برای آگاهی از فشارخون استراحتی آزمودنی‌ها از دستگاه فشارسنج جیوه‌ای (آلپی کادو مدل V-300) استفاده شد. پژوهش حاضر در کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه گیلان با شماره IR.GUILAN.REC.1401.046، به تصویب رسید که کلیه موارد اخلاقی مرتبط کار با آزمودنی‌های انسانی مورد توجه قرار گرفت.



شکل ۱: شکل شماتیک شیوه اجرای تمرین

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ تجزیه و تحلیل شدند. به‌منظور تعیین طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو_ویلک استفاده شد و برای مقایسه میانگین بررسی پاسخ فاکتور رشد شبه انسولین–۱، میزان لاکتات خون و میزان درک فشارفعالیت از آزمون‌های تجزیه و تحلیل واریانس مختلط، تجزیه و تحلیل واریانس مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. سطح معنی داری $p<۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

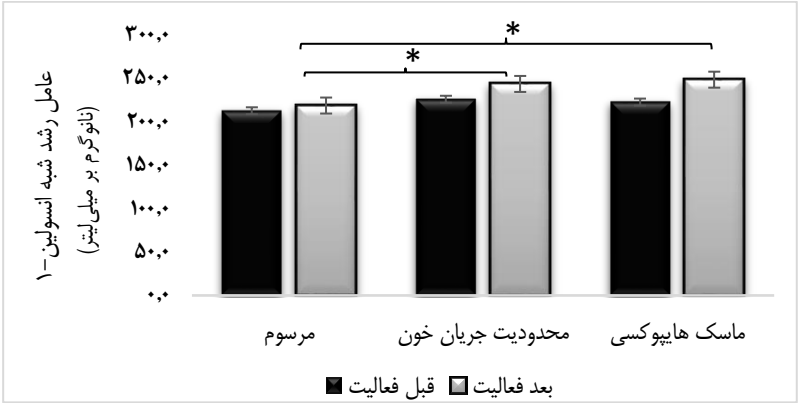
یافته‌ها

شاخص‌های آنتروپومتریکی و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها در جدول شماره یک آورده شده است.

جدول ۱. شاخص های آنتروپومتریک و فیزیولوژیک آزمودنی‌ها (انحراف استاندارد ± میانگین)

متغیر	انحراف استاندارد ± میانگین
سن (سال)	۲۹/۱۸ ± ۵/۷۰
وزن (کیلوگرم)	۸۰/۷۲ ± ۱۵/۵۳
قد (متر)	۱/۷۸ ± ۰/۰۶
BMI (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۵/۲۷ ± ۳/۸۰
ضربان قلب پایه	۵۹/۸۱ ± ۶/۴۱
فشارخون سیستولیک پایه (میلی‌مترجیوه)	۱۱۹/۷۲ ± ۷/۲۴
فشارخون دیاستولیک پایه (میلی‌مترجیوه)	۶۴/۶۳ ± ۶/۷۴

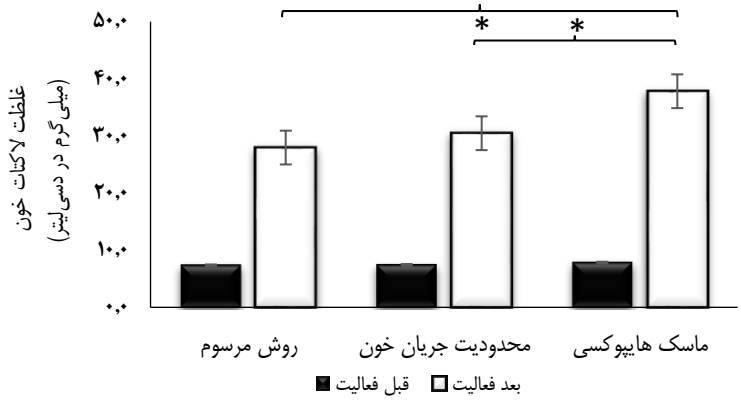
نتایج آزمون تحلیل واریانس مختلط برای میانگین متغیر سطوح پلاسمایی IGF-1 نشان داد اثر درون گروهی (P=۰/۰۰۱) و اثر بین گروهی (P=۰/۰۳۲) از لحاظ آماری معنی‌دار و اثر تعاملی (P=۰/۰۷۳) معنی‌دار نیست. همچنین، نتایج نشان داد که بین میانگین غلظت پلاسمایی IGF-1 پیش و پس‌آزمون در گروه بدون محدودیت تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (P=۰/۳). هرچند در گروه‌های فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون (P=۰/۰۰۴) و ماسک هایپوکسی (P=۰/۰۰۱) تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (شکل ۲). نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد بین میانگین متغیر سطوح پلاسماییIGF-1 بعد از فعالیت ورزشی مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون (P=۰/۰۰۲) و مرسوم (سنتی) با ماسک هایپوکسی تفاوت وجود دارد (P=۰/۰۲).



شکل ۲. سطوح پلاسمایی IGF-1 در سه وضعیت تمرینی

*سطح معنی‌داری p<۰/۰۵ می‌باشد.

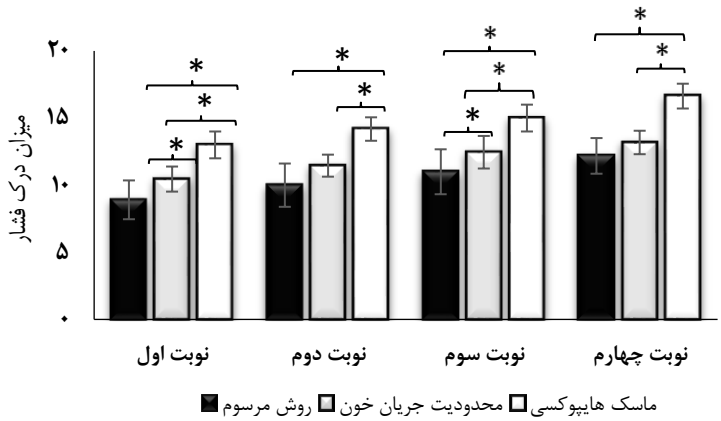
نتایج آزمون تحلیل واریانس مختلط برای میانگین متغیر میزان لاکتات نشان داد اثر درون گروهی (P=۰/۰۰۱) و اثر بین گروهی (P=۰/۰۰۱) و اثر تعاملی (P=۰/۰۰۱) از لحاظ آماری معنی‌دار است. همچنین، نتایج نشان داد که بین میانگین لاکتات پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه‌های بدون محدودیت (P=۰/۰۰۱)، محدودیت جریان خون (P=۰/۰۰۱) و ماسک هایپوکسی (P=۰/۰۰۱) تفاوت معنی‌داری و جود دارد (شکل۳). هرچند، نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد بین میانگین متغیر میزان لاکتات بعد از فعالیت ورزشی مقاومتی بدون محدودیت (سنتی) – ماسک هایپوکسی (P=۰/۰۰۱) و با محدودیت جریان خون –ماسک هایپوکسی (P=۰/۰۴۱) تفاوت معنی داری وجود دارد. به طوری که، میزان لاکتات خون در روش با ماسک هایپوکسی پس از فعالیت با افزایش بیشتری نسبت به دو روش دیگر همراه بوده است (P=۰/۰۰۱).



شکل ۳. میزان لاکتات خون در سه وضعیت تمرینی

*سطح معنی‌داری p<۰/۰۵ می‌باشد.

نتایج آزمون تحلیل واریانس مختلط برای میانگین متغیر پاسخ میزان درک فشار فعالیت نشان داد اثر درون گروهی (P=۰/۰۰۱) و اثر بین گروهی (P=۰/۰۰۱) از لحاظ آماری معنی‌دار است و اثر تعاملی (P=۰/۴) از لحاظ آماری معنی‌دار نیست. همچنین، نتایج آزمون تحلیل واریانس مکرر برای مقایسه بین میانگین متغیر پاسخ میزان درک فشار فعالیت در هر وضعیت تمرینی نشان داد که در هر سه وضعیت تمرینی بین ست‌های تمرینی بین میانگین متغیر پاسخ میزان درک فشار تفاوت معنی‌داری وجود دارد (P=۰/۰۰۱). همچنین، نتایج آزمون تحلیل واریانس مکرر برای مقایسه بین سه وضعیت تمرینی در هر نوبت نشان داد بین میانگین متغیر پاسخ میزان درک فشار تفاوت معنی داری وجود دارد (P=۰/۰۰۱). البته، نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد فقط در ست دوم و چهارم بین وضعیت بدون محدودیت (سنتی) – با محدودیت جریان خون (P=۰/۰۵۲) و بدون محدودیت (سنتی) با محدودیت جریان خون (P=۰/۰۵۶) تفاوت معنی داری وجود ندارد و در سایر مقایسه‌ها تفاوت معنی‌دار است. البته، با توجه به میانگین و انحراف معیار میزان درک فشار فعالیت و نتایج تجزیه و تحلیل واریانس آن، مقدار درک فشار در روش فعالیت ورزشی مقاومتی با ماسک هایپوکسی به‌طور معنی‌داری در تمام نوبت‌ها نسبت به دو روش با و بدون محدودیت جریان خون بالاتر بود (P=۰/۰۰۱).



شکل ۴. پاسخ میزان درک فشار فعالیت در سه وضعیت تمرینی

*سطح معنی‌داری p<۰/۰۵ می‌باشد.

بحث و بررسی:

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اجرای فعالیت مقاومتی با روش‌های مختلف تمرینی (محدودیت جریان خون و ماسک هایپوکسی) می‌تواند باعث افزایش معنی‌دار میزان لاکتات خون و میزان درک فشار فعالیت در همه‌ی نوبت‌ها و عدم تغییر قابل توجه IGF-1 در روش بدون محدودیت نسبت به میزان پیش از فعالیت شود. البته، یکی از دلایل عدم تفاوت معنی‌دار IGF-1 قبل و بعد از فعالیت مقاومتی در روش بدون محدودیت (سنتی) در این تحقیق می‌تواند نبود حجم یا شدت کافی تمرین و همچنین، آمادگی بالای آزمودنی‌ها بوده باشد. علاوه بر آن، بعد از یک جلسه فعالیت ورزشی مقاومتی میزان IGF-1 آزمودنی‌ها طی فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون و ماسک هایپوکسی در مقایسه با روش بدون محدودیت افزایش معنی‌داری را نشان داد؛ این یعنی این‌که دو روش تمرینی نوین‌تر یه میزان بیشتری می‌تواند منجر به پاسخ‌های هورمونی شدیدتر شود. شاید اگر مدت جلسه فعالیت با اضافه کردن نوبت‌ها یا حرکات دیگر افزایش می‌یافت در روش بدون محدودیت نیز شاهد افزایش آن متغییر بودیم. هرچند که تفاوتی بین میزان IGF-1 پلاسمایی با محدودیت جریان خون و ماسک هایپوکسی مشاهده نشد. تاکانو و همکاران گزارش کردند میزان IGF-1 به همراه فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون افزایش معناداری داشته و مقدار آن در حد بالایی بوده است، اما در فعالیت بدون محدودیت با همان شدت، افزایش معناداری در مقدار IGF-1 مشاهده نشد (Takano et al, 2005). این نتایج با مطالعه‌ی ما تا حد زیادی همسو بود. همچنین، افزایش قابل توجه لاکتات در روش‌های تمرینی بلافاصله بعد از فعالیت از نتایج مهم این تحقیق بود. مطالعات نشان می‌دهند که فعالیت مقاومتی به طور چشمگیری به متابولیسم غیرهوازی وابسته است تا متابولیسم هوازی که می‌تواند بدون محدودیت با شدت بالا باشد یا با محدودیت با شدت پایین اجرا شود؛ در نتیجه، لاکتات در محل بافت عضلانی مورد نظر تجمع پیدا کرده و منجر به افزایش آزادسازی هورمون رشد از غده هیپوفیز که محرکی برای آزادسازی IGF-1 است می‌شود (Abe et al, 2005). افزایش میزان لاکتات، هورمون رشد و IGF-1 در اثر فعالیت مقاومتی با شدت بالا و یا با شدت پایین با محدودیت جریان خون و ماسک هایپوکسی مشاهده شده است که از همین‌رو با بیشتر نتایج مطالعات گذشته همسو می‌باشد (Goto et al, 2005;

Patterson et al, 2013). به عنوان مثال در تحقیقی سوگا و همکاران نشان دادند با انجام فعالیت قدرتی با شدت کم و با محدودیت، استرس متابولیکی که می‌تواند عاملی برای افزایش IGF-1 در عضله اسکلتی باشد، افزایش خواهد داشت ولی به‌طورکلی اندازه آن کمتر از فعالیت قدرتی با شدت زیاد است (Suga et al, 2009). در تحقیقی دیگر نشان داده شد که لاکتات و GH به‌طور قابل‌توجهی در تمرین با شدت بالا و در شرایط هایپوکسی می‌تواند افزایش پیدا کند (Kon et al, 2015). نتایج این تحقیق در مقایسه با مطالعه حاضر بیشتر از جهت هایپوکسی با ماسک تمرینی همخوانی دارد تا با شدت تمرین؛ چرا که یافته‌های ما نشان داد که فعالیت با شدت کم در شرایط هایپوکسی منجر به افزایش معنی‌دارIGF-1 می‌شود. همچنین، نتایج بررسی مادارام و همکارانش نشان داد که تمرین پایین‌تنه ممکن است فواید بیشتری برای هایپرتروفی عضله در دوره طولانی مدت تمرینی داشته باشد (Madarame et al., 2010). در نتیجه، این پژوهش با بیشتر نتایج حاضر به‌غیر از مقادیر IGF-1 بعد از فعالیت در روش بدون محدودیت همسو می‌باشد؛ که تا حدودی ناهمخوانی یافته‌های ما در مورد اثر روش بدون محدودیت بر میزان IGF-1 با نتایج فوق می‌تواند به نوع روش اجرا، ترکیب بدنی، میزان آمادگی آزمودنی‌ها و شدت تمرین (۱۵ تکرار در مقابل تکرارها تا ناتوانی) مربوط باشد. همچنین در مطالعه‌ای نشان داده شد گروهی که تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون داشتند افزایش بیشتری در IGF-1 خون مشاهد شد نسبت به گروهی که فقط تمرین مقاومتی را با شدت کم انجام داده بودند (Abe et al, 2005). علاوه براین، در پژوهشی استیفن و همکاران مشاهده شد که یک جلسه تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با بار کم می‌تواند سطوح فاکتور رشد اندوتلیال عروقی[1] (VEGF) و هورمون رشد در خون را (دقایق ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ پس از فعالیت) به‌طور قابل توجهی نسبت به شرایط استراحتی افزایش دهد. هر چند، تغییر معناداری در میزان کورتیزول و IGF-1 مشاهده نشد (Patterson et al, 2013). همچنین، رحمانی و همکاران با بررسی اثر حاد فعالیت ورزشی مقاومتی با محدودیت جریان خون و تنفس بر غلظت لاکتات خون و هورمون رشد بر کشتی‌گیران دانشگاهی به این نتیجه رسیدند که ورزش مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون و تنفس (ماسک هایپوکسی) مانند تمرینات مقاومتی سنتی می‌تواند منجر به افزایش پاسخ‌های متابولیکی و هورمونی شود. این تحقیق همچنین اثربخشی این نوع تمرین را تایید می‌کند و اهدافی مانند افزایش لاکتات و هورمون رشد مورد انتظار از تمرینات با شدت بالا را برآورده می‌کند که با نتایج ما از باب میزان لاکتات خون نیز همسو می‌باشد (Rahmani et al, 2018). فوجیتا و همکاران نیز گزارش دادند به‌دنبال یک جلسه تمرین مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون با ایجاد فشاری حدود ۲۰۰ میلی‌متر جیوه غلظت لاکتات پلاسما در گروه تجربی (با محدودیت جریان خون) بلافاصله بعد از تمرین افزایش معنی‌داری داشته و تا ۴۰ دقیقه بعد از انجام تمرین میزان آن بالا بود در گروه کنترل (مشابه شدت و شرایط تمرینی ولی بدون محدودیت جریان خون) نیز افزایش معنی‌دار لاکتات مشاهده شد. اما لاکتات در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل به طور معنی‌داری بالاتر بود (Fujita et al., 2007). که با نتایج پژوهش ما همخوانی دارد. نشان داده شده است که قرار گرفتن در معرض ارتفاع یا شرایط شبیه‌سازی ارتفاع موجب افزایش هورمون‌های استرسی (کورتیزول و نوراپی‌نفرین) شده در حالی که در میزان دوپامین، GH و IGF-1 تغییری مشاهده نشده است (Richalet et al, 2010). از جمله دلایل ناهمخوانی این نتایج می‌تواند قرار گرفتن طولانی‌مدت در ارتفاع یا شرایط هایپوکسی باشد چرا که در تحقیق حاضر شرایط هایپوکسی به‌صورت حاد اعمال شده بود. کن و همکاران پاسخ‌های هورمونی و متابولیکی دوچرخه‌سواری سرعتی را در شرایط مختلف هایپوکسی مورد بررسی قرار داده و

[1] Vascular endothelial growth factor

نشان دادند لاکتات و هورمون رشد به طور معنی‌داری بعد از هر سه تمرین به طور قابل توجهی افزایش داشته است. اما هورمون رشد به طور معنی‌داری در تمرین سوم (۱۳/۶ ٪ اکسیژن) نسبت به دو تمرین دیگر بالاتر بود. به طور کلی این یافته‌ها بیانگر آن است که هیپوکسی شدید می‌تواند عامل مهمی برای افزایش هورمون رشد در پاسخ به تمرینات با حداکثر سرعت باشد (Kon et al, 2015). این یافته‌ها با نتایج تحقیق حاضر نیز همسو بود. همچنین در پژوهشی که به بررسی اثرات حاد فعالیت ورزشی مقاومتی در شرایط حاد هایپوکسی بر پاسخ‌های هورمونی در ۱۰ مرد تمرین نکرده پرداخته بود، هورمون رشد، لاکتات و تستوسترون بلافاصله پس از فعالیت در هر دو گروه (هایپوکسی و نورموکسی) افزایش معنی‌داری یافته بود (Ho et al, 2014) که با نتایج این تحقیق نیز همخوانی داشت.

از سویی دیگر، گزارش شده است تمرین مقاومتی و هوازی به همراه محدودیت جریان خون در مقابله با تمرین بدون محدودیت جریان خون می‌تواند به RPE بالاتری منجر شود (Mendonca et al, 2014). نتایج این تحقیق در مقایسه با مطالعه حاضر بیشتر از جهت محدودیت همخوانی دارد چرا که در دو روش با محدودیت، به‌ویژه با ماسک هایپوکسی شاهد افزایش قابل توجهی درRPE بودیم. در مطالعه‌ای دیگر، لوئنک و همکاران اثر فعالیت ورزشی مقاومتی را با و بدون درجات مختلف محدودیت جریان خون بر پاسخ‌های ادراکی مورد بررسی قرار دادند (Loenneke et al, 2015) و دریافتند فعالیت ورزشی با بار کم همراه با محدودیت جریان خون، نمی‌تواند میزان درک فشار را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد. از دلایل ناهمسویی این تحقیق می‌توان به شدت فعالیت و سطح آمادگی آزمودنی‌ها اشاره کرد. همچنین، متوکس و همکاران در بررسی‌های خود به اثر ورزش بالاتنه در سطوح مختلف محدودیت جریان خون بر فشار انسداد شریانی و پاسخ‌های ادراکی پرداختند (Mattocks et al, 2017). در پایان این بررسی، برای همه‌ی نوبت‌های تمرین تفاوت‌های قابل توجهی نشان داده شد. بنابراین، پاسخ‌های ادراکی ناشی از فشارهای نسبی پایین‌تر ممکن است قابل قبول‌تر باشد تا بتواند محرک ایمن‌تر و قابل تحمل‌تری برای افراد فراهم نماید؛ این تحقیق با نتایج ما که با محدودیت جریان خون اجرا شد تا حد زیادی همخوانی داشت. علاوه براین، نتو و همکاران نشان دادند. هر ۳ روش تمرینی (فعالیت مقاومتی با BFR تناوبی و تداومی و تمرین سنتی) موجب افزایش لاکتات بعد از جلسات تمرینی شده است. همچنین روش تمرینی محدودیت جریان خون تناوبی موجب RPE کمتری نسبت به دو روش دیگر شد که ممکن است این روش (BFR متناوب) به‌عنوان یک گزینه‌ی عالی برای فعالیت ورزشی باشد. زیرا BFR متناوب در این پژوهش تفاوت قابل توجهی با دیگر روش‌ها نداشت و همچنین، باعث درصد کمتر تغییر در RPE شد (Neto et al, 2017)؛ این نتایج نیز با یافته‌های ما نیز همسو می‌باشد. از سویی دیگر، گزارش شده است به دنبال انجام تمرینات مقاومتی با شدت بالا در شرایط هایپوکسی و نورموکسی هیچ تفاوتی در RPE دیده نشده است (Scott et al, 2015). به‌طور کلی، این نتایج نشان می‌دهد که یک محرک هیپوکسیک در طول تمرینات مقاومتی با شدت بالا نمی‌تواند عملکرد جسمانی و میزان درک فشار را تغییر دهد. از جمله دلایل ناهمخوانی نتایج این تحقیق با نتایج پژوهش حاضر می‌تواند وجود استراحت بیشتر (۳ دقیقه‌ای) بین نوبت‌ها و همچنین، سن کمتر (۲۵ در مقابل ۲۹سال) و سطح آمادگی بیشتر آزمودنی‌ها بوده باشد. یونگ و همکاران نیز با بررسی اثر ماسک تمرینی ارتفاع نوع ۲ بر میزان درک فشار در طول فعالیت ورزشی مقاومتی (Yoong et al, 2021) نشان دادند تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های با ماسک و بدون ماسک بر میزان درک فشار وجود ندارد. از جمله دلایل ناهمخوانی این نتایج تاحدودی می‌تواند از نوع ماسک

هایپوکسی (نوع ۲ در مقابل نوع ۳)، نوع فعالیت ورزشی (پرس سینه در مقابل بازکردن زانو) و نوع عضله درگیر (بالاتنه نسبت به پایین تنه) باشد. این در حالی است که موتویاما و همکاران نشان دادندکه ماسک هایپوکسی همراه با انجام فعالیت مقاومتی در مقایسه با فعالیت مقاومتی بدون محدودیت می‌تواند موجب افزایش میزان درک فشار فعالیت، کاهش عملکرد عضلانی و غلظت لاکتات خون شود (Motoyama et al, 2016) که نتایج این تحقیق در مقایسه با مطالعه حاضر بیشتر از جهت ماسک هایپوکسی همخوانی دارد که بر اساس آن افزایش قابل توجهی در RPE مشاهده شد. لذا پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آینده، مقایسه‌ای بین تمرینات مقاومتی، سرعتی و استقامتی با و بدون محدودیت جریان خون، ماسک تمرینی و انواع کاف و ماسک هایپوکسی انجام شود و پاسخ‌های هورمونی و شاخص‌های مرتبط با درک فشار آن‌ها موردبررسی قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

انجام تمرینات مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون و محدودیت تنفس،موجب افزایش استرس‌های متابولیکی و پاسخ هورمونی می‌شود. همچنین، در بیشتر مطالعات اثر تمرینات با محدودیت جریان خون بیشتر از روش‌های محدودیت در تنفس همچون ماسک هایپوکسی گزارش شده است. برخی از مطالعات نیز نشان داده‌اند که شرایط هایپوکسی سیستمیک پاسخی مشابه محدودیت جریان خون را در ورزشکاران جوان به همراه دارد. باوجوداین، هنوز به قطعیت نمی‌توان گفت کدامیک از روش‌های تمرینی مذکور در پیشبرد اهداف ورزشی می‌توانند مؤثرتر واقع شوند. براساس نتایج تحقیق حاضر توصیه می‌شود که فعالیت مقاومتی با شدت‌های پایین همراه با محدودیت جریان خون و ماسک هایپوکسی جایگزین فعالیت‌های مقاومتی با شدت بالا شود یا به‌صورت ترکیبی در کنار فعالیت‌های مقاومتی شدت بالا مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر حاصل رساله دکتری گروه فیزیولوژی ورزشی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه گیلان می‌باشد. محققان از همکاران آزمایشگاه فارابی که ما را در انجام این پژوهش یاری نموده‌اند، تشکر می‌کنند.

تضاد منافع

این پژوهش هیچ‌گونه تضاد و تعارض منافعی ندارد.

منابع

Abe, T., Yasuda, T., Midorikawa, T., Sato, Y., CF, K., Inoue, K., et al. (2005). Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily “KAATSU” resistance training. International Journal of KAATSU Training Research, 16-12 .

Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (2005). Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men. Journal of Strength and Conditioning Research, 19(3), 572 .

Boroujerdi, S. S., & Rahimi, R. (2008). Acute GH and IGF-I responses to short vs. long rest period between sets during forced repetitions resistance training system. South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation, 30(2), 31-38 .

Burgomaster, K. A., Moore, D. R., Schofield, L. M., Phillips, S. M., Sale, D. G., & Gibala, M. J. (2003). Resistance training with vascular occlusion: metabolic adaptations in human muscle. Medicine & Science in Sports & Exercise, 35(7), 1203-1208 .

Douda, H., Avloniti, A., Kasabalis, A., Smilios, I., & Tokmakidis, S. P. (2006). Application of Ratings of Perceived Exertion and Physiological Responses to Maximal Effort in Rhythmic Gymnasts. International Journal of Applied Sports Sciences, 18(2).

Fujita, S., Abe, T., Drummond, M. J., Cadenas, J. G., Dreyer, H. C., Sato, Y., et al. (2007). Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis. Journal of applied physiology, 103(3), 903-910 .

Fujita, T., Brechue, W. F., Kurita, K., Sato, Y., & Abe, T. (2008). Increased muscle volume and strength following six days of low-intensity resistance training with restricted muscle blood flow. International Journal of KAATSU Training Research, 4(1), 1-8.

García-Ramos, A., Barboza-González, P., Ulloa-Díaz, D., Rodriguez-Perea, A., Martinez-Garcia, D., Guede-Rojas, F., et al. (2019). Reliability and validity of different methods of estimating the one-repetition maximum during the free-weight prone bench pull exercise. Journal of sports sciences, 37(19), 2205-2212 .

Goto, K., Ishii, N., Kizuka, T., & Takamatsu, K. (2005). The impact of metabolic stress on hormonal responses and muscular adaptations. Medicine & Science in Sports & Exercise, 37(6), 955-963 .

Ho, J. Y., Huang, T. Y., Chien, Y. C., Chen, Y. C., & Liu, S. Y. (2014). Effects of acute exposure to mild simulated hypoxia on hormonal responses to low-intensity resistance exercise in untrained men. Res Sports Med, 22(3), 240-252.

Kon, M., Ikeda, T., Homma, T., & Suzuki, Y. (2012). Effects of low-intensity resistance exercise under acute systemic hypoxia on hormonal responses . The Journal of Strength & Conditioning Research, 26(3), 611-617 .

Kon, M., Nakagaki, K., Ebi, Y., Nishiyama, T., & Russell, A. P. (2015). Hormonal and metabolic responses to repeated cycling sprints under different hypoxic conditions. Growth Horm IGF Res, 25(3), 121-126.

Kraemer, W. J., Adams, K., Cafarelli, E., Dudley, G. A., Dooly, C., Feigenbaum, M. S., et al. (2002). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. Medicine and science in sports and exercise, 34(2), 364-380 .

Kraemer, W. J., Marchitelli, L., Gordon, S. E., Harman, E., Dziados, J. E., Mello, R., et al. (1990). Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. Journal of applied physiology, 69(4), 1442-1450 .

Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2005). Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. Sports medicine, 35(4), 339-361 .

Krause, M. P. (2010). Concurrent validity of a pictorial rating of perceived exertion scale for bench stepping exercise. University of Pittsburgh.

Kurobe, K., Huang, Z., Nishiwaki, M., Yamamoto, M., Kanehisa, H., & Ogita, F. (2015). Effects of resistance training under hypoxic conditions on muscle hypertrophy and strength. Clin Physiol Funct Imaging, 35(3), 197-202.

Loenneke, J., Wilson, G., & Wilson, J. (2010). A mechanistic approach to blood flow occlusion. International journal of sports medicine, 31(01), 1-4.

Loenneke ,J. P., Balapur, A., Thrower, A. D., Barnes, J., & Pujol, T. J. (2012). Blood flow restriction reduces time to muscular failure. European journal of sport science, 12(3), 238-243 .

Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Wilson, J. M., & Bemben, M. G. (2011). Blood flow restriction: the metabolite/volume threshold theory. Med Hypotheses, 77(5), 748-752.

Loenneke, J. P., Kim, D., Fahs, C. A., Thiebaud, R. S., Abe, T., Larson, R. D., et al. (2015). The effects of resistance exercise with and without different degrees of blood-flow restriction on perceptual responses. Journal of sports sciences, 33(14), 1472-1479.

López-Pérez, M. E., Romero-Arenas, S., Colomer-Poveda, D., Keller, M., & Márquez, G. (2021). Psychophysiological Responses During a Cycling Test to Exhaustion While Wearing the Elevation Training Mask. The Journal of Strength & Conditioning Research.

Madarame, H., Sasaki, K., & Ishii, N. (2010). Endocrine responses to upper-and lower-limb resistance exercises with blood flow restriction. Acta Physiologica Hungarica, 97(2), 192-200.

Mattocks, K. T., Jessee, M. B., Counts, B. R., Buckner, S. L., Mouser, J. G., Dankel, S. J., et al. (2017). The effects of upper body exercise across different levels of blood flow restriction on arterial occlusion pressure and perceptual responses. Physiology & behavior, 171, 181-186 .

Mendonca, G. V., Vaz, J. R., Teixeira, M. S., Grácio, T., & Pezarat-Correia, P. (2014). Metabolic cost of locomotion during treadmill walking with blood flow restriction. Clinical physiology and functional imaging, 34(4), 308-316 .

Moore, D. R., Burgomaster, K. A., Schofield, L. M., Gibala, M. J., Sale, D. G., & Phillips, S. M. (2004). Neuromuscular adaptations in human muscle following low intensity resistance training with vascular occlusion. Eur J Appl Physiol, 92(4-5), 399-406.

Moore, D. R., Burgomaster, K. A., Schofield, L. M., Gibala, M. J., Sale, D. G., & Phillips, S. M. (2004). Neuromuscular adaptations in human muscle following low intensity resistance training with vascular occlusion. European journal of applied physiology, 92(4-5), 399-406 .

Motoyama, Y. L., Joel, G. B., Pereira, P. E., Esteves, G. J., & Azevedo, P. H. (2016). Airflow-restricting mask reduces acute performance in resistance exercise. Sports, 4(4), 46.

Neto, G. R., Novaes, J. S., Salerno, V. P., Gonçalves, M. M., Piazera, B. K., Rodrigues-Rodrigues, T., et al. (2017). Acute effects of resistance exercise with continuous and intermittent blood flow restriction on hemodynamic measurements and perceived exertion. Perceptual and motor skills, 124(1), 277-292 .

Patterson, S. D., Leggate, M., Nimmo, M. A., & Ferguson, R. A. (2013). Circulating hormone and cytokine response to low-load resistance training with blood flow restriction in older men. European journal of applied physiology, 113(3), 713-719.

Poton, R., & Polito, M. D. (2016). Hemodynamic response to resistance exercise with and without blood flow restriction in healthy subjects. Clinical physiology and functional imaging, 36(3), 231-236 .

Rahmani, A., & Mirzaei, B. (2018). The acute effects of resistance exercise with blood flow and respiratory restriction on blood lactate and growth hormone in collegiate wrestlers. Metabolism and Exercise, 8 (2), 137-150.

Ramadan, W., Xirouchaki, C. E., Mustafa, R., Saad, A., & Benite-Ribeiro, S. A. (2021). Effect of wearing an elevation training mask on physiological adaptation. Journal of Physical Education & Sport, 21(3).

Reeves, G. V., Kraemer, R. R., Hollander, D. B., Clavier, J., Thomas, C., Francois, M., et al. (2006). Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion. Journal of applied physiology, 101(6), 1616-1622 .

Richalet, J.-P., Letournel, M., & Souberbielle, J.-C. (2010). Effects of high-altitude hypoxia on the hormonal response to hypothalamic factors. American Journal of Physiology-Regulatory ,Integrative and Comparative Physiology, 299(6), R1685-R1692.

Scott, B. R., Slattery, K. M., Sculley, D. V., & Dascombe, B. J. (2014). Hypoxia and resistance exercise: a comparison of localized and systemic methods. Sports medicine, 44(8), 1037-1054 .

Scott, B. R., Slattery, K. M., Sculley, D .V., Hodson, J. A., & Dascombe, B. J. (2015). Physical performance during high-intensity resistance exercise in normoxic and hypoxic conditions. The Journal of Strength & Conditioning Research, 29(3), 807-815 .

Seo, D.-I., So, W.-Y., & Sung, D. J .(2016) .Effect of a low-intensity resistance exercise programme with blood flow restriction on growth hormone and insulin-like growth factor-1 levels in middle-aged women. South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation, 38(2), 167-177.

Suga, T., Okita, K., Morita, N., Yokota, T., Hirabayashi, K., Horiuchi, M., et al. (2009). Intramuscular metabolism during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. Journal of applied physiology, 106(4), 1119-1124 .

Takano, H ,.Morita, T., Iida, H., Asada, K.-i., Kato, M., Uno, K., et al. (2005). Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. European journal of applied physiology, 95(1), 65-73.

Yoong, N. M., Selvarajah, V., Hooi, L. B., Kumar, R., & Sumartiningsih, S. (2021). Effect of elevation training mask 2.0 on Rating Perceived Exertion (RPE) during resistance exercise. Journal of Sports Science and Nutrition, 2(1), 89-92.

Acute Effects of Resistance Exercise with and without Blood Flow Restriction and Hypoxic Mask on Plasma IGF-1, Blood Lactate, and Perceived Exertion in Trained Men

Abolfazl Rahmani, Javad Mehrabani *

Exercise Physiology Department, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

*Corresponding author: mehrabanij@guilan.ac.ir

Abstract

Objectives: Resistance exercise with novel training methods is accompanied by various physiological and psychological responses. The main purpose of this research was to investigate the effects of blood flow restriction and hypoxic mask on plasma IGF-1 concentration, blood lactate, and perceived exertion in response to acute resistance exercise in trained individuals.

Methods: A crossover design was used in this study. 11 trained individuals (mean age 29.2±5.7 years and body mass index 25.3± 2.7 kg/m2) were randomly assigned to three resistance training methods for three consecutive weeks: traditional resistance training (75%-80% 1RM), resistance training with blood flow restriction (20%-50% 1RM), and resistance training with hypoxic mask (20%-50% 1RM). Resistance exercise consisted of four sets of leg press exercises. Blood samples were measured before and immediately after exercise, and to assess the perceived exertion, the subjects reported their status using the Borg scale (6-20 points) after each set of exercise. Data were analyzed using repeated measures ANOVA, mixed ANOVA, and Bonferroni post hoc test at a significance level of $p<0.05$.

Results: All three resistance training methods resulted in a significant increase in blood lactate and perceived exertion ($p<0.05$) and no change in plasma IGF-1 concentration in the non-restricted method after exercise. Additionally, resistance training with hypoxic mask significantly increased blood lactate concentration and perceived exertion compared to the other two methods ($p<0.01$).

Conclusion: The results of this research showed that resistance exercise with all three training methods results in different responses in plasma IGF-1 concentration, blood lactate, and perceived exertion, and the magnitude of these changes depends on the intensity and type of exercise used.

Key words: Resistance Exercise, KAATSU, Blood Flow Restriction, Hypoxic Mask, Insulin-like Growth Factor-1, Blood Lactate.