

Investigating the Effect of Resistance Sports Exercise with a Military and Training Mask on Blood Lactate and Growth Hormone Levels in Military Personnel

Hekmat Ehsanbakhsh¹, Abolfazl Rahmani^{2*}, Esmail Karami¹, Reza Sabzevarirad³

¹ Exercise Physiology Research Center, Life Style Institute, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran

² Department of Exercise Physiology, University of Guilan, Rasht, Iran

³ Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Basic Sciences, Imam Ali Military' University, Tehran, Iran

Received: 8 January 2024 Accepted: 11 May 2024

Abstract

Background and Aim: Considering to the new conditions compared to the traditional concept, military training courses should be designed in such a way that becomes efficient, effective, and works properly and practical. In contrast, their physical training develops from other types of aspects such as metabolic and hormonal. Resistance exercise (RE) with different types of military and training equipments, such as gas masks, and training masks that performs with a low intensity, results in different physiological responses and effects. Therefore, the main goal of this research was to study the effect of two types of military and training masks during resistance sports exercise on lactate and growth hormone responses in the AJA simulated training program.

Methods: In this study, the case-crossover method was used. Twelve military personnel trained (with an average age of 27.75 ± 6.45 years and a body mass index of 25.41 ± 3.43 kg/m²) were randomly chosen and examined in three different physiological training methods: traditional (control) training (Intensity: 1RM 75%), training with military and training masks (1RM 30%). The RE consisted of performing 4 squat movements with a total of 65 repetitions. Blood samples were collected before and immediately after the workout. The data were analyzed using the two-way analysis of variance method with repeated measurements, with SPSS software (version 23) at a significance level of $P < 0.05$.

Results: All three types of exercise caused a significant increase in lactate ($P < 0.05$) and no increase in growth hormone except the traditional method immediately after the exercise, but there was a significant difference between the groups in the amount of lactate, but not in the amount of growth hormone ($P < 0.05$).

Conclusion: Studies have shown that both methods of resistance sports activity with a military mask and exercise such as routine resistance activity can cause a significant increase in blood lactate after exercise. This research confirms the effectiveness of this type of training on lactate increase response and can meet the goals expected from high-intensity training.

Keywords: Military Personnel, Gas Mask, Training Mask, Lactate, Growth Hormone.

بررسی اثر فعالیت ورزشی مقاومتی همراه با ماسک نظامی و تمرینی بر میزان لاکتات خون و هورمون رشد در نظامیان

حکمت احسانبخش^۱، ابوالفضل رحمانی^{۲*}، اسماعیل کرمی^۱، رضا سبزواری راد^۳

^۱ مرکز تحقیقات فیزیولوژی ورزش، پژوهشکده سبک زندگی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران

^۲ گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

^۳ گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه افسری امام علی، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: دوره‌های آموزشی نظامیان با توجه به شرایط جدید نسبت به قدیم باید به گونه‌ای طراحی شود که علاوه بر کارا بودن آن در یک مدت زمان کوتاه‌تر، بتواند آمادگی جسمانی و عوامل اثر گذار بر آن‌ها را توسعه دهد. فعالیت مقاومتی با تجهیزات مختلف نظامی و ورزشی همچون ماسک گاز و ماسک تمرینی که بیشتر با شدت پایین انجام می‌شود پاسخ‌ها و تأثیرات فیزیولوژیکی مختلفی را به دنبال دارد. از این رو، هدف اصلی این پژوهش مطالعه تأثیر دو نوع ماسک نظامی و تمرینی طی فعالیت ورزشی مقاومتی بر پاسخ‌های لاکتات و هورمون رشد در افراد نظامی بود.

روش‌ها: در این مطالعه، از روش مقاطع استفاده شد. ۱۲ فرد نظامی تمرین کرده (با میانگین سنی سال 27.75 ± 6.45 و شاخص توده بدنی 25.41 ± 3.43 کیلوگرم بر متر مربع) به صورت کاملاً تصادفی و در سه روش سنتی یا کنترل (IRM ۷۵٪)، فعالیت مقاومتی همراه با ماسک نظامی و ماسک تمرینی (IRM ۳۰٪) مورد پژوهش قرار گرفتند. فعالیت مقاومتی شامل اجرای ۴ نوبت حرکت اسکوات با مجموع تکرار ۶۵ بود. نمونه‌های خونی قبل و بلافاصله بعد از فعالیت جمع‌آوری شد. داده‌ها با استفاده از روش واریانس تحلیل واریانس دو راهه با اندازه‌گیری‌های مکرر، با نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۳) در سطح معناداری $P < 0.05$ مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: هر سه روش تمرینی موجب افزایش معنادار لاکتات ($P < 0.05$) و عدم افزایش هورمون رشد جز در روش سنتی بلافاصله پس از فعالیت شد اما تفاوت معناداری بین گروه‌ها در میزان لاکتات بود ولی در میزان هورمون رشد مشاهده نشد ($P < 0.05$).

نتیجه‌گیری: بررسی‌ها نشان داد هر دو روش فعالیت ورزشی مقاومتی همراه با ماسک نظامی و تمرینی مانند فعالیت مقاومتی روتین می‌تواند موجب افزایش معنی‌دار لاکتات خون پس از فعالیت شود. این تحقیق اثربخشی این گونه از تمرینات بر پاسخ افزایشی لاکتات را تأیید می‌نماید و می‌تواند اهدافی را که از تمرینات با شدت بالا انتظار می‌رود، برآورده کند.

کلیدواژه‌ها: نظامیان، ماسک نظامی، ماسک تمرینی، لاکتات، هورمون رشد.

مقدمه

بنابراین، نیاز به طراحی تمریناتی به همراه روش‌های ایمن و مؤثر برای گروه‌های خاص، ورزشکاران آسیب‌دیده و دیگر گروه‌هایی که به افزایش قدرت عضلانی همچون نظامیان نیاز داشته، اما تمایل و تحمل اینگونه تمرینات سخت (شدت بالا) را ندارند ضرورت می‌یابد. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که فشارهای مکانیکی ناشی از تمرینات مقاومتی با شدت زیاد (بیش از ۷۰ درصد یک تکرار بیشنه)، غلظت شاخص‌های فشار مکانیکی متابولیکی مثل لاکتات و هورمون‌ها مثل هورمون رشد ناشی از تمرین مقاومتی را افزایش می‌دهند که خود دلیلی بر افزایش قدرت و هایپرتروفی عضلانی می‌باشد (۷). انجام تمرین مقاومتی تحت شرایط هایپوکسی سیستمیک تا حدودی باعث افزایش لاکتات و ترشح هورمون‌هایی همچون هورمون رشد، فاکتور رشد شبه انسولین می‌شود (۸). همچنین، تحقیقات انجام شده حاکی از آن است که این نوع تمرینات سیستم هورمونی را تحریک و سیستم اندوکرین بدن را در طولانی‌مدت و کوتاه‌مدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. این واکنش هورمونی حاد، مهم‌ترین عنصر برای رشد توده عضلانی است (۲). همچنین، Kon و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی با انجام یک جلسه تمرین مقاومتی در شرایط هایپوکسی، افزایش متابولیت‌هایی مثل لاکتات و هورمون‌هایی مثل تستوسترون و هورمون رشد را گزارش کردند (۳). هر چند الگوهای تمرینی در ارتفاع متفاوت هستند اما روشی که اخیراً مورد توجه قرار گرفته است روش زندگی در سطح دریا و تمرین در ارتفاع است. در این روش، افراد در وضعیت، عادی زندگی و در ارتفاع زندگی می‌کنند. مطالعات متعدد نشان می‌دهند که اجرای تمرین در شرایط هایپوکسی به صورت متناوب می‌تواند عملکرد بی‌هواری را بهبود بخشد. این بهبود ممکن است از طریق افزایش ظرفیت بافیری عضلات و افزایش فعالیت آنزیم‌های گلیکولیتیک باشد. تحقیقات در سطح سلولی نشان دادند که سازگاری با هایپوکسی توسط عامل نسخه‌برداری و عامل ناشی از هایپوکسی انجام شود (۴). علاوه بر این، تمرین مقاومتی در شرایط هایپوکسی، یک استراتژی تمرینی جدید برای افزایش قدرت و هایپرتروفی عضلانی به حساب می‌آید. به نظر می‌رسد مکانیسم اصلی این اثرات مربوط به افزایش متابولیت‌هایی ناشی از هایپوکسی می‌باشد. پیشنهاد شده است که افزایش در متابولیسم بی‌هواری در ارتفاعات بالاتر می‌تواند بر هزینه متابولیسم، افزایش سرعت جابجایی، یا بهبود به کارگیری واحدهای حرکتی می‌تواند تأثیرگذار باشد. با این وجود، یک محیط هایپوکسی در توسعه عملکرد عضلانی با هدف افزایش هایپرتروفی، قدرت و سرعت انفجاری می‌تواند سودمند باشد. هر چند اهمیت تمرین مقاومتی در شرایط هایپوکسی به طور دقیق و با جزئیات مورد مطالعه قرار نگرفته است (۵). همچنین، نشان داده شده است که تمرین مقاومتی با شدت متوسط و کم شدت در شرایط هایپوکسی (۱۳٪ اکسیژن) باعث افزایش متابولیت‌ها (لاکتات) و هورمون‌هایی مانند هورمون رشد نسبت به زمانی که در شرایط نورموکسی بوده است شده است (۶).

بنابراین، نیاز به طراحی تمریناتی به همراه روش‌های ایمن و مؤثر برای گروه‌های خاص، ورزشکاران آسیب‌دیده و دیگر گروه‌هایی که به افزایش قدرت عضلانی همچون نظامیان نیاز داشته، اما تمایل و تحمل اینگونه تمرینات سخت (شدت بالا) را ندارند ضرورت می‌یابد. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که فشارهای مکانیکی ناشی از تمرینات مقاومتی با شدت زیاد (بیش از ۷۰ درصد یک تکرار بیشنه)، غلظت شاخص‌های فشار مکانیکی متابولیکی مثل لاکتات و هورمون‌ها مثل هورمون رشد ناشی از تمرین مقاومتی را افزایش می‌دهند که خود دلیلی بر افزایش قدرت و هایپرتروفی عضلانی می‌باشد (۷). انجام تمرین مقاومتی تحت شرایط هایپوکسی سیستمیک تا حدودی باعث افزایش لاکتات و ترشح هورمون‌هایی همچون هورمون رشد، فاکتور رشد شبه انسولین می‌شود (۸). همچنین، تحقیقات انجام شده حاکی از آن است که این نوع تمرینات سیستم هورمونی را تحریک و سیستم اندوکرین بدن را در طولانی‌مدت و کوتاه‌مدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. این واکنش هورمونی حاد، مهم‌ترین عنصر برای رشد توده عضلانی است (۲). همچنین، Kon و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی با انجام یک جلسه تمرین مقاومتی در شرایط هایپوکسی، افزایش متابولیت‌هایی مثل لاکتات و هورمون‌هایی مثل تستوسترون و هورمون رشد را گزارش کردند (۳). هر چند الگوهای تمرینی در ارتفاع متفاوت هستند اما روشی که اخیراً مورد توجه قرار گرفته است روش زندگی در سطح دریا و تمرین در ارتفاع است. در این روش، افراد در وضعیت، عادی زندگی و در ارتفاع زندگی می‌کنند. مطالعات متعدد نشان می‌دهند که اجرای تمرین در شرایط هایپوکسی به صورت متناوب می‌تواند عملکرد بی‌هواری را بهبود بخشد. این بهبود ممکن است از طریق افزایش ظرفیت بافیری عضلات و افزایش فعالیت آنزیم‌های گلیکولیتیک باشد. تحقیقات در سطح سلولی نشان دادند که سازگاری با هایپوکسی توسط عامل نسخه‌برداری و عامل ناشی از هایپوکسی انجام شود (۴). علاوه بر این، تمرین مقاومتی در شرایط هایپوکسی، یک استراتژی تمرینی جدید برای افزایش قدرت و هایپرتروفی عضلانی به حساب می‌آید. به نظر می‌رسد مکانیسم اصلی این اثرات مربوط به افزایش متابولیت‌هایی ناشی از هایپوکسی می‌باشد. پیشنهاد شده است که افزایش در متابولیسم بی‌هواری در ارتفاعات بالاتر می‌تواند بر هزینه متابولیسم، افزایش سرعت جابجایی، یا بهبود به کارگیری واحدهای حرکتی می‌تواند تأثیرگذار باشد. با این وجود، یک محیط هایپوکسی در توسعه عملکرد عضلانی با هدف افزایش هایپرتروفی، قدرت و سرعت انفجاری می‌تواند سودمند باشد. هر چند اهمیت تمرین مقاومتی در شرایط هایپوکسی به طور دقیق و با جزئیات مورد مطالعه قرار نگرفته است (۵). همچنین، نشان داده شده است که تمرین مقاومتی با شدت متوسط و کم شدت در شرایط هایپوکسی (۱۳٪ اکسیژن) باعث افزایش متابولیت‌ها (لاکتات) و هورمون‌هایی مانند هورمون رشد نسبت به زمانی که در شرایط نورموکسی بوده است شده است (۶).

برای هر سه وضعیت در نظر گرفتیم، اجرای ۴ نوبت حرکت اسکوات با دمبل است که به صورت، یک نوبت ۲۰ تکرار با ۳۰ ثانیه استراحت بین نوبت‌ها با ۱۰ تا ۳۰ درصد حداکثر قدرت بیشینه اجرا خواهد شد و ادامه آن ۳ نوبت با ۱۵ تکرار و ۳۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها که در مجموع ۶۵ تکرار خواهد بود (شکل ۱) (۱۴، ۱۵). علاوه بر این، همه گروه‌های آزمایش زمانی را به گرم کردن و سرد کردن (۱۰ دقیقه گرم کردن و ۱۰ دقیقه سرد کردن) اختصاص دادند. البته برای این که مدت زمان تمرین مقاومتی برای تمام آزمودنی‌ها یکسان باشد، مدت هر انقباض در تمام اجرای تمرین با زمان سنج کنترل شد، که به طور میانگین برای هر انقباض ۴ ثانیه، شامل ۲ ثانیه رفت و ۲ ثانیه برگشت، در نظر گرفته شد (۱۶). همچنین، شرایط هیپوکسی سیستمیک را به وسیله ماسک نظامی و تمرینی ایجاد کردیم که در کل مرحله تمرینی (گرم کردن، تمرین اصلی) روی صورت آزمونگر قرار داشت (۱۷). تمام جلسات تمرینی در بعدظهر (۱۳ تا ۱۵ یا ۱۵ تا ۱۹) بود و حداقل ۴ ساعت از صرف ناهار آزمودنی‌ها گذشته بود (۱۴). در هر جلسه، آزمودنی‌ها ۱۰ دقیقه را به گرم کردن اختصاص دادند که شامل حرکات نرمشی و کششی بود. علاوه بر این، برای آگاهی بیشتر از شدت تمرین از برخی آزمودنی‌ها از مقیاس بورگ در نوبت پایانی به صورت تصادفی استفاده شد (۱۳). هنگام فعالیت ورزشی به ویژه ورزشکاران مهم است که شدت ورزشی‌شان کنترل شود تا اطمینان حاصل شود، با چه شدتی تمرین انجام می‌شود که به افراد کمک می‌کند تا به اهداف ورزشی و تندرستی نیز دست یابند.

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. به منظور جلوگیری از لخته شدن خون، نمونه‌ها بلافاصله به درون لوله‌های FL ساخت ایتالیا انتقال داده شدند. سپس، برای جداسازی پلاسما، نمونه به مدت ۵ دقیقه و با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ (Orom Tajhiz) قرار داده شد و تا پایان پژوهش در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. اندازه‌گیری لاکتات با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر آلفاکلاسیک و توسط کیت بیوشیمی آدیت با درجه حساسیت ۱/۱ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر اندازه‌گیری شد. همچنین، هورمون رشد با استفاده از دستگاه ایمولایت ۲۰۰۰ ساخت آمریکا و روش الکتروکیمیلومینسانس (Electrochemiluminescence) اندازه‌گیری شد. همچنین، وزن بدن با حداقل پوشش و بدون کفش با استفاده از ترازوی آزمایشگاهی (مدل CAMRY 9015) و قد به صورت ایستاده، بدون کفش با قد سنج به شکل دیواری اندازه‌گیری شد. نمایه توده بدن (BMI) با استفاده از فرمول (وزن بر حسب کیلوگرم) تقسیم بر (قد بر حسب متر به توان ۲) محاسبه شد. برای آگاهی از فشارخون استراحتی آزمودنی‌ها از دستگاه فشارسنج جیوه‌ای (آلیکادو مدل V-300) استفاده شد.

سازگاری‌های مثبت را با حداقل آسیب‌های احتمالی نسبت به بارهای سنگین برای نظامیان ایجاد کنند. همچنین، باتوجه به اینکه سیستم گلیکولیز بی‌هوازی تامین‌کننده اصلی انرژی در فعالیت‌های شدید تمرینی یا نظامی (رژه‌ها و واکنش‌های سریع) که با حداکثر فشار فیزیولوژیکی و روانی همراه است، می‌باشد، این گونه از تمرینات می‌تواند تأثیرات مثبت، از جمله افزایش ظرفیت بی‌هوازی و تحمل لاکتات را به همراه داشته باشد. بنابراین، این پژوهش با هدف مقایسه تأثیر دو ماسک نظامی و تمرینی بر پاسخ‌های متابولیکی و هورمونی در افراد نظامی انجام گرفت.

روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. برای این منظور، ۱۲ فرد نظامی فعال که از لحاظ سلامت عمومی در وضعیت طبیعی بودند (گرفتن شرح حال توسط پزشک از لحاظ سوابق بیماری و ناراحتی‌های جسمانی) انتخاب شدند و پس از تایید نهایی و پرکردن پرسشنامه ویژه تعیین سطح فعالیت بدنی و ثبت سوابق بیماری و اخذ رضایت‌نامه، به عنوان نمونه انتخاب شدند و تحت مداخله قرار گرفتند. پس از اطمینان از سلامت عمومی و توانایی عمومی انجام پروتکل ورزشی، آزمودنی‌ها یک هفته قبل از انجام آزمایشات اصلی برای آشنایی با مراحل انجام در آزمایشگاه فارابی یزد حضور یافتند. به علاوه، ویژگی‌های اولیه آزمودنی‌ها مانند سن، قد، وزن، ترکیب بدن (توده عضلانی، درصد چربی، شاخص توده بدنی)، ضربان قلب و فشارخون اندازه‌گیری شد. همچنین، پس از جلسات آشنایی و اطمینان از روند اجرای پروتکل، برای تعیین IRM کلیه آزمودنی‌ها در حرکت اسکوات از فرمول واتن استفاده شد (۱۳):

$$= (100 * W(KG)) / (48.8 + [53.8 * e^{(-0.075 * rep)}])$$

از آزمودنی‌ها خواسته شد که حداقل تا ۲۴ ساعت قبل از فعالیت اصلی کافئین (چای و قهوه) مصرف نکنند. علاوه بر این، از مصرف غذاهای پرچرب نیز خودداری شده بود و از افراد شرکت‌کننده خواسته شده بود که دوساعت قبل از شروع جلسه آزمون غذا یا مایعاتی به غیر از آب مصرف نکنند.

در این تحقیق از روش متقاطع استفاده شد بدین ترتیب که آزمودنی‌ها به مدت سه هفته متوالی به صورت کاملاً تصادفی در سه حالت کنترل (بدون محدودیت)، ورزش مقاومتی با ماسک نظامی یا گاز و ماسک تمرینی (با محدودیت) قرار گرفتند و هر هفته جای گروه‌ها عوض شد تا همه آزمودنی‌ها هر سه حالت را تجربه نمایند. بین روش تمرین آزمون مقاومتی، یک هفته فاصله بود تا آثار متابولیکی و هورمونی ناشی از وهله‌ی اول تمرین از بین برود. در بیشتر پروتکل‌های تمرین مقاومتی با محدودیت تنفسی از حرکاتی همچون، جلوپا با دستگاه، پرس پا و هاگ پا استفاده شده است. با توجه به این روش‌ها پروتکل اصلی فعالیت ورزشی که ما



ب

الف

شکل-۱. استفاده از ماسک تمرینی (الف) و ماسک نظامی (ب)

نتایج

شاخص‌های آنترپومتریکی و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

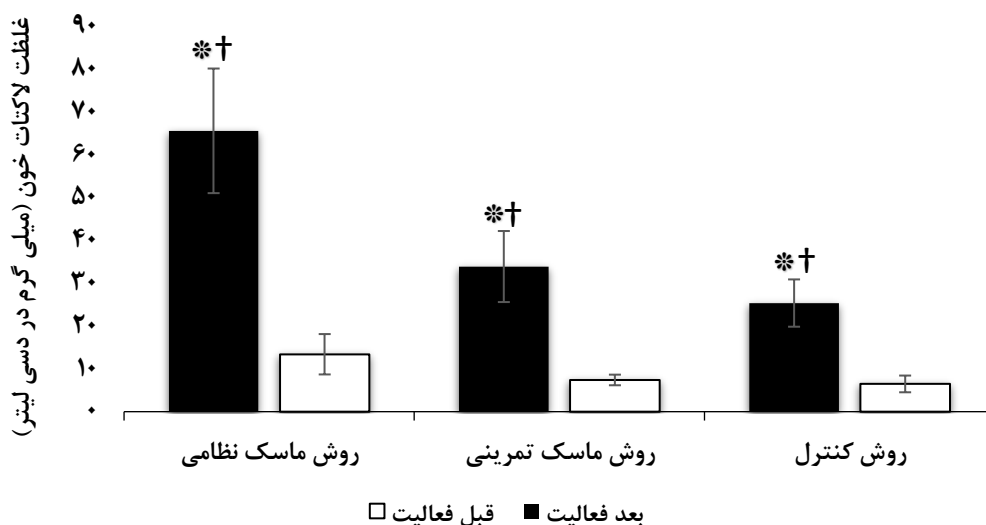
جدول-۱. شاخص‌های آنترپومتریک و فیزیولوژیک آزمودنی‌ها (انحراف استاندارد \pm میانگین)

متغیر	انحراف استاندارد \pm میانگین
سن (سال)	۲۷/۷۵ \pm ۶/۴۵
وزن (کیلوگرم)	۸۳/۰۰ \pm ۱۳/۳۴
قد (متر)	۱/۸۰ \pm ۰/۰۶
BMI (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۵/۴۱ \pm ۳/۴۳

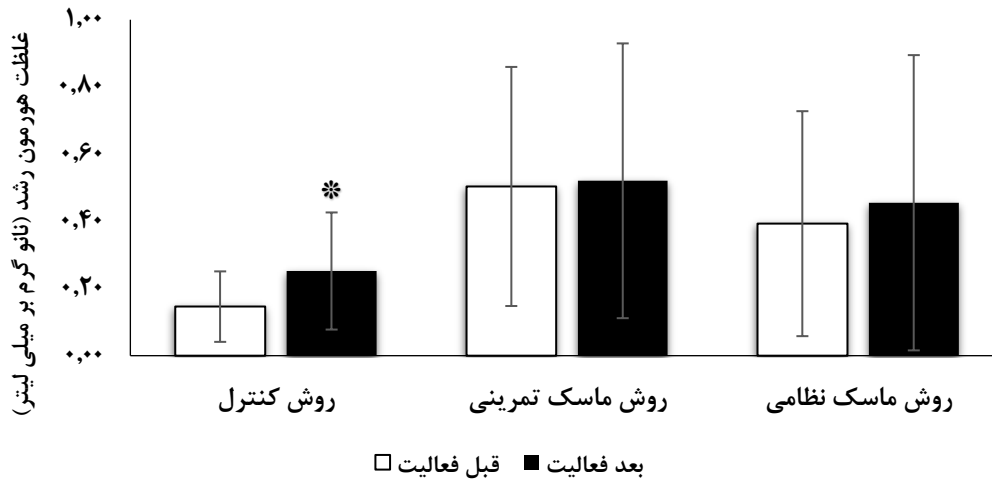
شایان ذکر است که داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ تجزیه و تحلیل شدند. به‌منظور تعیین طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد و برای بررسی پاسخ لاکتات و هورمون رشد، تحلیل واریانس دوطرفه با اندازه‌گیری مکرر (۳*۲) به کار گرفته شد. مقدار α در تمامی آنالیزهای آماری معادل (۰/۰۵) در نظر گرفته شد.

ملاحظات اخلاقی

در این پژوهش تمامی اصول اخلاقی مرتبط از جمله اخذ کد اخلاق از کارگروه اخلاق در پژوهش پژوهشگاه علوم ورزشی (SSRI.REC-2308-2407 (R2))، محرمانه بودن پرسشنامه‌ها، رضایت‌نامه‌ها و حضور آگاهانه شرکت‌کنندگان در تحقیق و اختیار خروج از مطالعه حاضر رعایت شده است.



نمودار-۱. تغییرات بین گروهی و درون گروهی میانگین‌های غلظت لاکتات خون در سه روش تمرینی طی پیش و پس‌آزمون. سطح معناداری $P < 0/05$ در نظر گرفته شده است. † تفاوت معنادار بین سه روش تمرینی کنترل، ماسک نظامی و ماسک تمرینی $P < 0/05$.



نمودار ۲- تغییرات بین گروهی و درون گروهی میانگین‌های غلظت هورمون رشد در سه روش تمرینی طی پیش و پس‌آزمون. سطح معناداری $P < 0.05$ در نظر گرفته شده است.

معناداری نزدیک‌تر می‌شد. چرا که در مطالعات نشان داده شده است که GH به محرک‌های بالاتری برای آزادسازی نیاز دارد؛ بدان معنی که، برای داشتن فعالیتی مؤثر بر GH به شدت‌های بالاتر تمرینی همچون روش سنتی نیاز است (۱۸). تحقیقات 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 بافت‌عضلانی مورد نظر تجمع پیدا کرده و منجر به افزایش آزادسازی GH از غده هیپوفیز می‌شود (۱۳، ۱۹). افزایش میزان لاکتات در اثر فعالیت مقاومتی با شدت بالا و یا با شدت پایین با محدودیت تنفس یا استفاده از ماسک مشاهده شده است. بنابراین، با بیشتر نتایج پژوهش‌های گذشته هم‌سو می‌باشد (۱۳، ۲۰، ۲۱).

از آنجایی که در هر جلسه تمرین پایدار از آرایه گسترده‌ای از ترکیبات مختلف متغیرهای ورزش استفاده می‌شود، پاسخ‌های هورمون رشد تابع این انتخاب‌های متغیر برنامه‌ی تمرینی است؛ ۱- متغیرهای برنامه (انتخاب ورزش، گروه‌های ماهیچه‌ای کوچک و بزرگ)، ۲- مرتبه ورزش (اول گروه ماهیچه‌ی بزرگ یا اول گروه ماهیچه‌ی کوچک)، ۳- طول دوره استراحت (مدت کوتاه یا بلند)، ۴- مقاومت استفاده شده (5-RM یا 10-RM)، ۵- تعداد ست‌ها و ۶- کل کار (پایین یا بالا). به نظر می‌رسد که این اصول گرداننده برای ایجاد محرک‌های ورزش در تمرین پایدار باشد. چشم‌گیرترین یافته‌های مربوط به این ساختارهای متغیر و هورمون رشد، تأثیر آن‌ها بر بالانس اسیدی است که به ترتیب نقش مهمی در تحریک آزادسازی هورمون رشد به داخل چرخه گردش خون را دارند. هر کدام از عوامل تمرینی که دستکاری می‌شوند تأثیری بر متابولیسم دارند که انباشت یون‌های هیدروژن را هم محدود کنند و هم توضیح بدهند و PH خون را کاهش بدهند که به ترتیب شامل تقریباً نیمی از واریانس تقسیم شده با تولید هورمون رشد می‌باشد.

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل واریانس مختلط (۳*۲) برای مقایسه تغییرات درون گروهی و بین گروهی لاکتات خون نشان از تفاوت معنادار بین گروهی ($F = 53/603, P = 0/001$) و تفاوت معنادار درون گروهی داشت ($F = 910/615, P = 0/001$). همچنین بین میانگین لاکتات خون در پس‌آزمون بین سه گروه کنترل، ماسک تمرینی و ماسک نظامی تفاوت معنی داری وجود دارد (شکل ۱).

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل واریانس مختلط (۳*۲) برای مقایسه تغییرات درون گروهی و بین گروهی هورمون رشد نشان از عدم تفاوت معنادار بین گروهی ($F = 3/375, P = 0/053$) و عدم تفاوت معنادار درون گروهی داشت ($F = 4/158, P = 0/066$). همچنین بین میانگین هورمون رشد در پس‌آزمون بین سه گروه کنترل، ماسک تمرینی و ماسک نظامی تفاوت معنی داری وجود ندارد (شکل ۲).

بحث

نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که اجرای فعالیت مقاومتی با شیوه‌های مختلف تمرینی باعث افزایش معنادار میزان لاکتات خون آزمودنی‌های نظامی نسبت به میزان پیش از ورزش می‌شود؛ علاوه بر آن بعد از یک جلسه فعالیت، تفاوتی بین سطوح هورمون رشد روش‌های تمرینی جز روش سنتی مشاهده نشد. این یعنی این که هر دو شیوه تمرینی با ماسک به یک میزان می‌توانند منجر به پاسخ‌های هورمونی به‌ویژه هورمون رشد شوند. علاوه بر آن، افزایش قابل توجه لاکتات در گروه‌های تمرینی بلافاصله بعد از فعالیت از نتایج مهم این تحقیق بود. به بیان دیگر، میزان لاکتات خون آزمودنی‌ها طی فعالیت مقاومتی در روش ماسک نظامی نسبت به دو روش دیگر به افزایش بیشتری منجر شد. شاید اگر مدت جلسه فعالیت با اضافه کردن دو حرکت دیگر افزایش می‌یافت یا تمرین با شدت بیشتری انجام می‌گرفت، تفاوت بین گروهی به

می‌شود و علائم هیپوکسی رایج است، اگرچه تعیین کمیت دقیق هر دو اغلب دشوار است، که ممکن است تا حدی به دلیل اثرات هیپوکاپنی باشد. در ارتفاعات بالای ۱۵۰۰۰ فوت، عملکرد مغز به طور تصاعدی با افزایش ارتفاع تا زمان از دست دادن هوشیاری بدتر می‌شود. دوره اجرای موثر و ایمن وظایف عملیاتی پس از مواجهه با هیپوکسی، زمان هوشیاری مفید (Time-of-useful-consciousness) نامیده می‌شود. بازیابی عملکرد مغز به دنبال هیپوکسی نیز ممکن است فراتر از اکسیژن رسانی مجدد شریانی باشد و ممکن است با قرار گرفتن در معرض مکرر هیپوکسیک یا بهبود هیپراکسی تشدید شود (۲۶). اما طبق مطالعه ۲۰۱۸ بر روی ۲۰ وزنه بردار مرد، ممکن است افراد عوارض جانبی خاصی را با استفاده از ماسک نیز تجربه کنند. این عوارض جانبی ممکن است شامل؛ سبکی سر، سرگیجه، خستگی، درد و نارحتی و اضطراب باشد. وزنه‌برداران حاضر در این مطالعه از ماسک‌ها در طول تمرین استفاده کردند و محققان دریافتند که افرادی که ماسک می‌زنند به دلیل کاهش دریافت اکسیژن، درجاتی از هوشیاری و تمرکز بر روی وظایف خود را از دست می‌دهند. در نتیجه، حتی بدون هیچ‌گونه بیماری زمینه‌ای، باید توجه داشته باشید که هنگام استفاده از ماسک تمرینی ممکن است دچار غش شوید. به طوری که، اگر نگرانی‌های سلامتی مانند فشار خون بالا یا بیماری‌های قلبی عروقی دارید، پزشک احتمالاً به شما توصیه می‌کند که از این ماسک‌ها دوری کنید (۲۷). با این حال، نشان داده شده است که تمرین عضلات تنفسی (Respiratory Muscle Training) به‌طور قابل توجهی قدرت، سرعت، قدرت و استقامت را در ورزشکاران بهبود می‌بخشد. که همین عوامل خود می‌تواند ارزشمندی این روش‌های تمرینی برای نظامیان که در شرایط سخت همچون نواحی کوهستانی و نبردها قرار می‌گیرند را توجیه نماید (۲۵).

همچنین، Temme و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای اثر هیپوکسی و عملکرد پروازی نظامیان در شبیه‌ساز ارتفاع را مورد بررسی قرار دادند. در نتیجه، نشان داده شد که هایپوکسی می‌تواند دقت خلبان را در ارتفاع کاهش داده که توانایی خلبانان را برای انجام دقیق پرواز کاهش می‌دهد (۲۸). همچنین، Kon و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی با انجام یک جلسه تمرین مقاومتی در شرایط هایپوکسی، افزایش متابولیت‌هایی مثل لاکتات و هورمون‌هایی مثل تستوسترون و هورمون رشد را گزارش دادند (۳). Laurentino و همکاران (۲۰۱۲) تغییرات مشابهی حاصل از نتایج هایپوکسی موضعی و سیستمیک را گزارش دادند (۲۹). Scott و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که تمرین مقاومتی در شرایط هایپوکسی سیستمیک میزان لاکتات و GH را نسبت به شرایط طبیعی (نورموکسی) افزایش می‌دهد. که با نتایج ما از نظر میزان لاکتات همسو بود (۸). مطالعات انجام شده در زمینه استفاده از ماسک‌ها که شبیه ساز ارتفاع هستند نتایج استفاده از ماسک نظامی در تحقیق حاضر را توجیه می‌کند. در مطالعه‌ای دیگر اثر تمرین

کاهش در زمان‌های استراحت بین نوبت‌های ورزش با ورزش شدید بدن نشان داده شده است تا چشمگیرترین افزایش‌ها در لاکتات که با ورزش پایدار واکنش نشان می‌دهد را تولید کند (۲۲). با این حال که احتباس و انسداد (محدودیت تنفس و جریان خون) است می‌تواند تأثیر چشمگیری بر هورمون رشد داشته باشد که منتج به یک افزایش قابل توجهی با شدت نسبتاً پایینی می‌شود (۲۰٪ از 1-RM) در حالی که بدون احتباس و انسداد هیچ تغییری در هورمون رشد مشاهده نشد. ممکن است نتیجه گرفته شود که برای مولکول 22kDa، کاهش اکسیژن برای و قطع و شکستگی بالانس اسیدی در تحریک هورمون رشد نقش تعدیل کنندگی مهمی را ایفا می‌کنند (۲۳).

ماسک تمرینی برای تمام فعالیت‌های ورزشی مانند دویدن، ماراثن، دوچرخه سواری، فوتبال، فوتبال، تنیس، بسکتبال، سه گانه، وزنه برداری، دو و میدانی، TRX، کراس فیت، پیاده روی، یوگا، تمرینات قدرتی، mma، بوکس، دوومیدانی، nfl می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. ماسک ارتفاع (ماسک تمرینی در ارتفاع بالا) می‌تواند یک انتخاب مکمل در کنار سایر تجهیزات نظامی و ورزشی باشد. استفاده از ماسک‌ها با هدف محدودیت تنفس یکی از بهترین راهکارهایی برای شبیه‌سازی ارتفاع، مسابقه و در میداین نبرد نظامی در کوهستان است (۱۳). هنگامی که ماسک را می‌پوشید، بدن شروع به سازگاری با کاهش دریافت اکسیژن می‌کند (آنچه که در ارتفاع رخ می‌دهد) که باعث می‌شود قلب و ریه‌های شما سخت‌تر کار کنند. سپس، وقتی ماسک را از صورت خود بردارید، بدن شما با اکسیژن محدود سازگار شده است و می‌تواند به‌طور موثرتری از اکسیژن استفاده کند، که به شما کمک می‌کند عملکرد بهتری داشته باشید. به طوری که، پس از مدتی استفاده از ماسک، ممکن است احساس کنید می‌توانید سریع‌تر بدوید، بلندتر بپرید یا برای مدت طولانی‌تری دوچرخه‌سواری کنید. برخی از فواید احتمالی ماسک تمرینی که مورد بررسی قرار گرفته است می‌تواند شامل؛ افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی و آستانه لاکتات (مطالعات متناقض که فایده یا عدم سود آن را تأیید و یا رد می‌کنند) (۲۴). همچنین، ماسک‌های محدودیت تنفس به ورزشکاران این امکان را می‌دهند که بدون محدود شدن به وسایل ثابت یا امکانات خاص، آمادگی عضلات تنفسی خود را تقویت کنند. با محدود کردن تنفس کاربر، دستگاه‌ها ممکن است تناسب قلبی تنفسی را بهبود بخشند که منجر به عملکرد ورزشی بهتر می‌شود (۲۵). هایپوکسی که کاهش در دسترس بودن اکسیژن می‌باشد، می‌تواند عملکرد مغز و عملکرد وظایف عملیاتی و حیاتی نظامیان را مختل کند. هایپوکسی می‌تواند در افراد مستعد کمتر از ۱۰۰۰۰ فوت (۳۰۴۸ متر) در هواپیماهای بدون فشار و در ارتفاعات بالاتر در محیط‌های تحت فشار هنگامی که سیستم‌های پشتیبانی حیاتی عملکرد نادرست دارند یا به دلیل استفاده نامناسب از تجهیزات رخ دهد. بین ۱۰۰۰۰ فوت تا ۱۵۰۰۰ فوت (۴۵۷۲ متر)، عملکرد مغز به طور خفیف مختل

محدودیت‌های پژوهش

از جمله مهم‌ترین محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به در دسترس نبودن مطالعات کافی و مرتبط با فعالیت مقاومتی همراه با استفاده از ماسک‌ها اشاره نمود. همچنین، برای گردآوری داده‌ها محدوده‌های غیرقابل کنترلی همچون (عدم کنترل دقیق رژیم غذایی، خواب و شرایط روانی) وجود داشت.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، با انجام تمرینات مقاومتی همراه با ماسک‌های نظامی و تمرینی، استرس‌های متابولیکی همچون لاکتات که خود موجب افزایش پاسخ‌های هورمونی از جمله هورمون رشد می‌شود، افزایش می‌یابد. همچنین، می‌توان گفت که فعالیت مقاومتی با شدت پایین در شرایط هایپوکسی سیستمیک همچون استفاده از ماسک پاسخی مشابه روش مرسوم (استفاده از وزنه‌های سنگین) در ورزشکاران جوان به همراه دارد. با وجود این، هنوز به قطعیت نمی‌توان گفت کدام یک از روش‌های تمرینی یا تجهیزات نظامی و ورزشی با محدودیت مذکور در پیشبرد اهداف نظامی و ورزشی می‌تواند مؤثرتر واقع شود. بنابراین، پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آینده، مقایسه‌ای بین تمرینات مقاومتی، سرعتی و استقامتی با و بدون محدودیت‌ها انجام شود و تغییرات متابولیکی و هورمونی آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد.

نکات بالینی کاربردی برای جوامع نظامی

- افزایش عملکرد جسمی سربازان بویژه از نظر بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیکی همچون سطوح هورمون‌های آنابولیکی بالاتر همچون هورمون رشد و آستانه لاکتات بالاتر نیازمند تمرینات کاربردی و کوتاه‌مدت می‌باشد؛ که ایجاد محدودیت در تنفس در فعالیت‌های بدنی و هدفمند محدودیت اکسیژن وجود دارد می‌تواند اثر قابل توجهی بر آمادگی سربازان را به‌همراه داشته باشد. بررسی روش‌های تمرینی مختلف و به‌کار بستن آن‌ها در مکان‌های نظامی با توجه به تجهیزات و امکانات قابل در دسترس می‌تواند راهی برای افزایش عملکرد سربازان باشد.

تشکر و قدردانی: تحقیق حاصل طرح تحقیقاتی گروه

تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه افسری امام علی (ع) می‌باشد. محققان از همکاری صمیمانه آزمایشگاه تخصصی فارابی استان یزد و تمامی عزیزانی که ما را در انجام این پژوهش یاری نموده‌اند، تشکر می‌کنند.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد

منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

مقاومتی کم‌شدت تحت شرایط هایپوکسی حاد بر پاسخ‌های هورمونی توسط Kon و همکاران (۲۰۱۲) مورد بررسی قرار گرفت. که نتایج آن نشان‌دهنده آن است که تمرینات مقاومتی در شرایط هایپوکسی می‌تواند باعث پاسخ‌های متابولیکی و هورمونی بیشتری نسبت به شرایط نرموکسیک شود (۲۱). Ho و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی به بررسی اثرات حاد فعالیت ورزشی مقاومتی در شرایط حاد هایپوکسی بر پاسخ‌های هورمونی در ۱۰ مرد تمرین نکرده پرداختند (۳۰). برنامه فعالیت مقاومتی حرکت اسکوات شامل ۵ نوبت ۱۵ تکراری با ۳۰ درصد یک تکرار بیشینه به‌همراه یک دقیقه استراحت بین نوبت‌ها بود. ارزیابی‌های خونی قبل، بلافاصله و ۱۵ دقیقه پس از فعالیت گرفته شدند. هورمون رشد، لاکتات و تستوسترون بلافاصله پس از فعالیت در هر دو گروه (هایپوکسی و نورموکسی) افزایش معنی‌داری را از خود نشان دادند. یافته‌های این پژوهش از باب روش کار و هم افزایش پاسخی لاکتات همخوانی بسیاری دارد که همسو می‌باشد.

در تحقیقی دیگر Kon و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که لاکتات و GH به‌طور قابل توجهی در تمرین با شدت بالا و در شرایط هایپوکسی می‌تواند افزایش پیدا کند. یافته‌های آن‌ها بیانگر این مطلب است که هایپوکسی شدید می‌تواند عامل مهمی برای افزایش GH در پاسخ به تمرینات با حداکثر سرعت باشد (۳۱). نتایج این تحقیق در مقایسه با مطالعه حاضر بیشتر از جهت هایپوکسی همخوانی دارد تا با شدت تمرین؛ چرا که یافته‌های ما نشان داد که فعالیت با شدت کم در شرایط هایپوکسی (موضعی و سیستمیک) منجر به افزایش معنادار لاکتات می‌شود. که با بخشی از نتایج ما همسو می‌باشد. از جمله دلایل عدم تغییر قابل توجه GH در مطالعه حاضر می‌توان به استراحت بین ست‌ها، شدت فعالیت، مدت زمان فعالیت و نوع فعالیت ورزشی (جلوپا نسبت به دوچرخه‌سواری) توجه کرد.

kon و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که فعالیت مقاومتی حاد با شدت کم در شرایط هایپوکسی می‌تواند میزان لاکتات و هورمون رشد را به‌طور قابل توجهی افزایش دهد (۲۱). که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی نداشت که دلیل اصلی آن می‌تواند تعداد عضلات درگیر، انتخاب حرکات (جلوپا نسبت به پرس پا و پرس سینه و حجم تمرین (۴ نوبت نسبت به ۵ نوبت) باشد. در پژوهشی دیگر Kurobe و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که سطوح GH به‌طور قابل توجهی پس از تمرین مقاومتی در شرایط هایپوکسی بیشتر از گروه نورموکسی بود (۳۲). که با نتایج پژوهش حاضر همسو نبود. نتایج این تحقیق در مقایسه با مطالعه حاضر بیشتر از جهت محدودیت همخوانی دارد تا در میزان GH که از دلایل ناهمخوانی آن می‌توان به حاد بودن فعالیت مقاومتی نسبت به تمرین ۸ هفته-ای، نوع عضله درگیر و سطح آمادگی بالای آزمودنی‌ها در تحقیق حاضر اشاره کرد.

منابع

1. Mohamadi S, Khoshdel A, Naserkhani F, Mehdizadeh R. The effect of low-intensity resistance training with blood flow restriction on serum cortisol and testosterone levels in young men. *Journal of Archives in Military Medicine*. 2015;3(3):e28306. doi:10.5812/jamm.28306
2. Kawamori N, Haff GG. The optimal training load for the development of muscular power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2004;18(3):675-84.
3. Kon M, Ikeda T, Homma T, Akimoto T, Suzuki Y, Kawahara T. Effects of acute hypoxia on metabolic and hormonal responses to resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2010;42(7):1279-85. doi:10.1249/mss.0b013e3181ce61a5
4. Vogt M, Hoppeler H. Is hypoxia training good for muscles and exercise performance?. *Progress in Cardiovascular Diseases*. 2010;52(6):525-33. doi:10.1016/j.pcad.2010.02.013
5. Filopoulos D. The impact of hypoxia on growth hormone levels in response to a maximal strength training session (Doctoral dissertation, Australian Catholic University); 2015.
6. Feriche B, García-Ramos A, Morales-Artacho AJ, Padial P. Resistance training using different hypoxic training strategies: a basis for hypertrophy and muscle power development. *Sports Medicine-Open*. 2017;3:12. doi:10.1186/s40798-017-0078-z
7. Fujita TW, WF B, 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. doi:10.3806/ijkr.4.1
8. Scott BR, Slattery KM, Sculley DV, Dascombe BJ. Hypoxia and resistance exercise: a comparison of localized and systemic methods. *Sports Medicine*. 2014;44:1037-54. doi:10.1007/s40279-014-0177-7
9. Hamlin MJ, Marshall HC, Hellemans J, Ainslie PN, Anglem N. Effect of intermittent hypoxic training on 20 km time trial and 30 s anaerobic performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2010;20(4):651-61. doi:10.1111/j.1600-0838.2009.00946.x
10. Nishimura A, Sugita M, Kato K, Fukuda A, Sudo A, Uchida A. Hypoxia increases muscle hypertrophy induced by resistance training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2010;5(4):497-508. doi:10.1123/ijsp.5.4.497
11. 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;92:399-406. doi:10.1007/s00421-004-1072-y
12. Ulrich S, Schneider SR, Bloch KE. Effect of hypoxia and hyperoxia on exercise performance in healthy individuals and in patients with pulmonary hypertension: a systematic review. *Journal of Applied Physiology*. 2017;123(6):1657-70. doi:10.1152/jappphysiol.00186.2017
13. Rahmani A, Mirzaei B. The acute effects of resistance exercise with blood flow and respiratory restriction on blood lactate and growth hormone in collegiate wrestlers. *Metabolism and Exercise*. 2018;8(2):137-50. doi:10.22124/jme.2019.3570
14. Norasteh S, Arazi H, Rahmani A. The effect of resistance exercise with blood flow and respiratory restriction on testosterone, cortisol and testosterone/cortisol ratio responses in male wrestlers. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2020;6(2):47-55.
15. Kraemer WJ, Ratamess NA. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Medicine*. 2005;35:339-61. doi:10.2165/00007256-200535040-00004
16. 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. *Journal of Applied Physiology*. 2006;101(6):1616-22. doi:10.1152/jappphysiol.00440.2006
17. Etheridge T, Atherton PJ, Wilkinson D, Selby A, Rankin D, Webborn N, et al. Effects of hypoxia on muscle protein synthesis and anabolic signaling at rest and in response to acute resistance exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 2011;301(4):E697-702. doi:10.1152/ajpendo.00276.2011
18. Manini TM, Clark BC. Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 2009;37(2):78-85. doi:10.1097/JES.0b013e31819c2e5c
19. Goto K, Ishii N, Kizuka T, Takamatsu KA. The impact of metabolic stress on hormonal responses and muscular adaptations. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2005;37(6):955-63. doi:10.1249/01.mss.0000170470.98084.39
20. Patterson SD, Leggate M, Nimmo MA, Ferguson RA. Circulating hormone and cytokine response to low-load resistance training with blood flow restriction in older men. *European Journal of Applied Physiology*. 2013;113:713-9. doi:10.1007/s00421-012-2479-5
21. Kon M, Ikeda T, Homma T, Suzuki Y. Effects of low-intensity resistance exercise under acute systemic hypoxia on hormonal responses. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2012;26(3):611-7. doi:10.1519/JSC.0b013e3182281c69
22. Ahtiainen JP, Pakarinen A, Alen M, Kraemer WJ, Häkkinen K. Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2005;19(3):572-82.
23. Raastad T, Bjørø T, Hallen J. Hormonal responses to high-and moderate-intensity strength exercise. *European Journal of Applied Physiology*. 2000;82:121-8. doi:10.1007/s004210050661
24. Warren BG, Spaniol F, Bonnette R. The effects

of an elevation training mask on VO₂max of male reserve officers training corps cadets. *International Journal of Exercise Science*. 2017;10(1):37-43.

25. HajGhanbari B, Yamabayashi C, Buna TR, Coelho JD, Freedman KD, Morton TA, et al. Effects of respiratory muscle training on performance in athletes: a systematic review with meta-analyses. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2013;27(6):1643-63. doi:10.1519/JSC.0b013e318269f73f

26. Shaw DM, Cabre G, Gant N. Hypoxic hypoxia and brain function in military aviation: basic physiology and applied perspectives. *Frontiers in Physiology*. 2021;12:665821. doi:10.3389/fphys.2021.665821

27. Jagim AR, Dominy TA, Camic CL, Wright G, Doberstein S, Jones MT, et al. Acute effects of the elevation training mask on strength performance in recreational weight lifters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2018;32(2):482-9. doi:10.1519/JSC.0000000000002308

28. Temme LA, Still DL, Acromite MT. Hypoxia and flight performance of military instructor pilots in a flight simulator. *Aviation, Space, and Environmental*

Medicine. 2010;81(7):654-9. doi:10.3357/ASEM.2690.2010

29. Laurentino GC, Ugrinowitsch CA, Roschel HA, Aoki MS, Soares AG, Manoel Neves JR, et al. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2012;44(3):406-12. doi:10.1249/MSS.0b013e318233b4bc

30. Ho JY, Huang TY, Chien YC, Chen YC, Liu SY. Effects of acute exposure to mild simulated hypoxia on hormonal responses to low-intensity resistance exercise in untrained men. *Research in Sports Medicine*. 2014;22(3):240-52. doi:10.1080/15438627.2014.915834

31. Kon M, Nakagaki K, Ebi Y, Nishiyama T, Russell AP. Hormonal and metabolic responses to repeated cycling sprints under different hypoxic conditions. *Growth Hormone & IGF Research*. 2015;25(3):121-6. doi:10.1016/j.ghir.2015.03.002

32. Kurobe K, Huang Z, Nishiwaki M, Yamamoto M, Kanehisa H, Ogita F. Effects of resistance training under hypoxic conditions on muscle hypertrophy and strength. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. 2015;35(3):197-202. doi:10.1111/cpf.12147