

مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش

سال ششم، شماره دوم؛

پاییز و زمستان ۱۳۹۸؛ صفحات ۵۵-۴۷

مقاله پژوهشی

اثر فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون و تنفس بر پاسخ تستوسترون، کورتیزول و نسبت تستوسترون به کورتیزول در مردان کشتی گیر

سینا نورسته^۱، بهمن میرزایی^۲، حمید اراضی^{۳*}، ابوالفضل رحمانی^۳

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۴/۰۷ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۶/۱۱



با اسکن QR فوق می‌توانید جزئیات مقاله حاضر را در سایت www.jahssp.azaruniv.ac.ir/ مشاهده کنید.

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، پردیس دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
۲. استاد فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران. (نویسنده مسئول): hamidarazi@yahoo.com
۳. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

چکیده

فعالیت ورزشی مقاومتی با شیوه‌های جدید تمرینی همچون استفاده از ماسک تمرینی و محدودیت جریان خون که با شدت‌های پایین‌تر نسبت به روش سنتی انجام می‌شود، پاسخ‌های فیزیولوژیکی مختلفی را به همراه دارد. از این رو، هدف اصلی این پژوهش بررسی اثر فعالیت ورزشی مقاومتی با محدودیت جریان خون و تنفس بر پاسخ تستوسترون، کورتیزول و نسبت تستوسترون به کورتیزول در مردان کشتی گیر بود. در این مطالعه ۸ مرد کشتی گیر (با میانگین سنی $26/87 \pm 4/7$ سال و شاخص توده بدنی $25/26 \pm 2/49$ کیلوگرم بر متر مربع) در سه هفته متوالی و به صورت تصادفی سه روش فعالیت ورزشی مقاومتی سنتی (کنترل) ($1RM/80\%$)، فعالیت ورزشی مقاومتی را به همراه محدودیت جریان خون و فعالیت ورزشی مقاومتی با محدودیت تنفس ($1RM/30\%$) انجام دادند. فعالیت مقاومتی شامل اجرای ۴ نوبت ۱۵ تکراری حرکت اسکوات بود. نمونه‌های خونی قبل و بلافاصله بعد از فعالیت جمع‌آوری شد. داده‌ها با استفاده از روش تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی آنالیز شد. هر سه روش فعالیت ورزشی مقاومتی (RE) موجب افزایش معنادار تستوسترون، نسبت تستوسترون به کورتیزول و عدم تغییر کورتیزول پس از فعالیت شد ($p < 0/05$). اما تفاوت معناداری بین روش‌ها مشاهده نشد. نتایج این پژوهش نشان داد که فعالیت ورزشی مقاومتی با محدودیت جریان خون و تنفس می‌تواند مشابه فعالیت ورزشی مقاومتی سنتی پاسخ‌های هورمونی مثبتی به همراه داشته باشد. بنابراین، به نظر می‌رسد این روش‌های تمرینی اثربخشی مناسبی برای بهبود تغییرات هورمونی دارد.

واژه‌های کلیدی: ابزار تمرینی، کاتسو، محدودیت تنفس، محدودیت جریان خون، کورتیزول، تستوسترون.

تمامی حقوق این مقاله بازمین برای دانشگاه شهید مدنی آذربایجان محفوظ است.

نحوه ارجاع: سینا نورسته، بهمن میرزایی، حمید اراضی، ابوالفضل رحمانی. اثر فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون و تنفس بر پاسخ تستوسترون، کورتیزول و نسبت تستوسترون به کورتیزول در مردان کشتی گیر. دو فصلنامه مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش ۱۳۹۸؛ (۲)۶: ۴۷-۵۵.

Original Article

The effect of resistance exercise with blood flow and respiratory restriction on testosterone, cortisol and testosterone/cortisol ratio responses in male wrestlers

Sina Norasteh¹, Bahman Mirzaei², Hamid Arazi^{2*}, Abolfazl Rahmani³

Received June 28 2019; Accepted September 2 2019

Abstract

Resistance exercise with different devices is accompanied by various physiological responses which are performed at lower intensities than the traditional ones such as the use of training masks and blood flow restrictions. Therefore, the main purpose of this study was to investigate the effect of resistance exercise with blood flow and respiratory restriction on response of testosterone, cortisol and testosterone/cortisol ratio in male wrestlers. In this study, eight male wrestlers (mean age of 26.87 ± 4.7 years and body mass index of 25.26 ± 2.49 kg/m²) were randomly assigned to three status of traditional resistance exercises (Control) (with 80% 1RM), resistance exercise with blood flow restriction and resistance exercise with respiratory restriction (with 30% 1RM) on the three consecutive weeks. Four sets of 15 repetitions for squat were considered as resistance exercise in all status. Blood samples were collected before and immediately after exercise. The data were statistically analyzed by repeated measure ANOVA and Bonferroni post hoc test. All the three status of resistance exercise resulted in a significant increase in testosterone, testosterone/cortisol ratio ($p < 0.05$), and no change in cortisol following exercise. However, no significant difference was observed between the conditions. The results of this study showed that resistance exercise with restriction of blood flow and respiration can have similar positive effects like to traditional resistance exercise on hormonal responses. Therefore, it seems that these training devices have a convenient effectiveness to improve hormonal changes.



Scan this QR code to see the accompanying video, or visit jahssp.azaruniv.ac.ir

1. MSc Student of Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, University Campus, University of Guilan, Rasht, Iran

2. Professor of Exercise physiology, Department of Exercise physiology, Faculty of sport sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

(Corresponding Author): hamidarazi@yahoo.com

3. MSc of Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

Keywords: Exercise device, Kaatsu, Respiratory restriction, Blood flow restriction, Cortisol, Testosterone.

All rights are reserved for Azarbaijan Shahid Madani University.

Cite as: Sina Norasteh, Bahman Mirzaei, Hamid Arazi, Abolfazl Rahmani. 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*. 2019; 6(2): 47-55.

مقدمه

امروزه فعالیت ورزشی مقاومتی به عنوان یک روش تمرینی مؤثر از سوی جامعه پزشکی و ورزشی مورد حمایت قرار گرفته است. نتیجه اجرای تمرینات قدرتی، تندرستی و بهبود آمادگی جسمانی ورزشکاران و در بلندمدت عامل توسعه و حفظ قدرت و رشد عضلانی عضلانی است [۱]. مطالعات نشان می‌دهد چنانچه یک برنامه تمرینی با شدتی کمتر از شدت بیشینه (کمتر از ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه)، اما همراه با محدودیت جریان خون انجام شود، فشار کمتری بر مفاصل و لیگامنت‌ها وارد می‌کند و منجر به بروز آسیب کمتری خواهد شد؛ در حالی که از تحریک کافی برای افزایش حجم و قدرت عضلانی نیز برخوردار خواهد بود [۲، ۳]. کالج آمریکایی پزشکی ورزشی (ACSM)^۱ توصیه دارد برای دستیابی به رشد عضلانی طی تمرینات مقاومتی باید شدت تمرین حداقل ۶۵ درصد یک تکرار بیشینه^۲ باشد [۴]. فعالیت با محدودیت جریان خون موجب کاهش جریان خون عضله از طریق ابزاری مانند کاف فشارخون می‌شود. بر اساس شواهد، این نوع روش تمرینی با وجود انجام فعالیت‌های بدنی با شدت کم می‌تواند روش سودمندی در زمینه ورزشی و بالینی باشد [۵]. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که تمرینات مقاومتی با شدت زیاد، غلظت شاخص‌های فشار مکانیکی متابولیکی و هورمونی را افزایش می‌دهد که خود دلیلی بر افزایش قدرت و هایپرتروفی عضلانی می‌باشد [۲، ۶]. همچنین، فعالیت مقاومتی کاهش خستگی‌پذیری عضله از طریق سازگاری‌های عصبی و عضلانی را به همراه خواهد داشت [۷]. 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 [۸، ۹]. تستوسترون هورمون آنابولیکی قدرتمندی است که باعث تحریک سنتز پروتئین عضلانی و جذب اسید آمینه درون عضلانی می‌شود که به شدت پس از تمرین مقاومتی افزایش می‌یابد [۱۰، ۱۱]. مکان‌های اصلی تولید تستوسترون، بیضه‌ها در مردان و تخمدان و قشر آدرنال در زنان است. سلول‌های لایدیگ که دارای بیشترین ظرفیت تولید تستوسترون است، فقط در بیضه‌ها یافت می‌شود و در نتیجه تا حد زیادی تولید آن در مردان بیشتر از زنان می‌باشد [۱۰]. اهمیت تستوسترون برای سازگاری بدن با تمرینات مقاومتی تا حدی است که سرکوب تولید تستوسترون، مانع هایپرتروفی ناشی از تمرینات مقاومتی در مردان جوان و سالم می‌شود [۱۲]. عوامل متعددی همچون توده عضلانی درگیر، شدت و حجم تمرین، آمادگی بدنی و غذای مصرفی بر پاسخ تستوسترون حاد سرمی نسبت به تمرینات مقاومتی می‌تواند اثرگذار باشد [۱۳-۱۶]. با این حال، نشان داده شده است که فعالیت‌هایی که توده عضلانی بزرگی را درگیر می‌کند (مثل اسکوات و ددلیفت) استرسورهای متابولیکی قوی است که میزان تولید تستوسترون را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد [۱۷، ۱۸]. همچنین، گلوکوکورتیکوئیدها از بخش کورتکس آدرنال در پاسخ به استرس مثل تمرین آزاد می‌شود. از این میان، کورتیزول تقریباً ۹۵٪ از کل فعالیت گلوکوکورتیکوئیدها را تشکیل می‌دهد. کورتیزول بیشتر کارکردهای کاتابولیکی دارد که اثر بیشتری بر تارهای عضلانی نوع دو دارد [۱۹]. حدود ۱۰ درصد از کورتیزول به شکل آزاد است، در حالی که حدود ۱۵ درصد آن به آلبومین و ۷۵ درصد آن به گلوبولین متصل است. کورتیزول در بافت‌های محیطی باعث تحریک لیپولیز سلول‌های چربی، افزایش تجزیه

پروتئین و کاهش سنتز پروتئین در سلول‌های عضلانی می‌شود که منجر به آزاد شدن بیشتر لیپیدها و اسیدهای آمینه به گردش خون برای تامین انرژی می‌شود [۲۰]. تعداد ست‌ها در هر جلسه فعالیت و حجم تمرین نیز عامل مؤثری بر پاسخ حاد کورتیزول می‌باشد؛ به طوری که نشان داده شده است چهار الی شش نوبت از فعالیت مقاومتی سطوح کورتیزول را به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهد [۲۱، ۲۲]. همچنین، به تازگی نشان داده شده است که شش نوبت به همراه تکرار از حرکت اسکوات با فاصله استراحتی دو دقیقه‌ای، غلظت کورتیزول را تا حد زیادی افزایش می‌دهد، در حالی که اجرای تنها یک ست هیچ پاسخی را ایجاد نمی‌کند [۱۷]. نسبت تستوسترون به کورتیزول (T/C) عامل زیست‌شناسی دیگری است که اغلب به عنوان نشانگر فشار فیزیولوژیکی در طول تمرین، ریکاوری و همچنین، پیش‌بینی کننده عملکرد برای ورزشکار شناخته می‌شود [۲۳، ۲۴]. به کمک T/C می‌توان اثرگذاری تمرینات با وزنه را بر پاسخ‌ها و سازگاری‌های حاد و مزمن مورد سنجش قرار داد [۲۵]. علاوه بر این، عوامل متعددی می‌تواند موجب کاهش T/C شود که یکی از مهم‌ترین آن‌ها استرس می‌باشد؛ به طوری که نشان داده شده است سطوح کورتیزول در مسابقه واقعی مثل وزنه‌برداری به مراتب بیشتر از شرایط تمرین است که می‌توان تا حدی به افزایش سطوح کاتکولامین‌ها که هورمون‌های استرسی است نسبت داد [۲۳، ۲۶]. بیش تمرینی نیز خود عاملی است که می‌تواند منجر به کاهش در غلظت تستوسترون و افزایش در میزان کورتیزول و کاهش در غلظت لاکتات خون پلاسما شود [۲۷]. تمرین قدرتی موجب افزایش غلظت تستوسترون و کورتیزول می‌شود که نسبت تستوسترون به کورتیزول شاخص مناسبی برای نشان دادن روند آنابولیک و کاتابولیک است [۲۰، ۲۸]. به نظر می‌رسد که پاسخ حاد هورمونی به یک جلسه فعالیت مقاومتی به نوع و شیوه برنامه تمرین مقاومتی وابسته است و ملاک مهمی در پاسخ‌های هورمونی در تمرینات قدرتی طولانی‌مدت محسوب می‌شود [۲۹، ۳۰]. برخلاف هایپوکسی موضعی که قسمت خاصی از بدن را بیشتر تحت تأثیر خود قرار می‌دهد، هایپوکسی سیستمیک اجازه می‌دهد تا گروه‌های بزرگ عضلانی یا کل بدن تحت تأثیر قرار بگیرد [۸]. این در حالی است که تمرینات هایپوکسی (موضعی و سیستمیک) به‌خصوص هایپوکسی سیستمیک اثربخشی 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 [۳۱، ۳۲]. از این رو، تحقیقات متعددی در رابطه با آثار این شیوه‌های تمرینی بر پاسخ‌های متابولیکی و هورمونی صورت گرفته است. کن^۳ و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی با انجام یک جلسه تمرین مقاومتی در شرایط هایپوکسی، افزایش متابولیت‌هایی مثل لاکتات و هورمون‌هایی مثل تستوسترون^۴ و هورمون رشد^۵ را گزارش دادند [۳۳]. تاکارادا^۶ و همکاران (۲۰۰۲) و لارنتینو^۷ و همکاران (۲۰۱۲) تغییرات مشابهی حاصل از نتایج هایپوکسی موضعی و سیستمیک را گزارش دادند [۳۴، ۳۵]. اما مانیماناکورن^۸ و همکاران (۲۰۱۳) اثرات محدودیت جریان خون را بیشتر از هایپوکسی سیستمیک نشان دادند [۳۶]. اما به تازگی نشان داده شده است که انجام تمرینات در شرایط هایپوکسی سیستمیک پاسخی مشابه محدودیت جریان خون دارد. [۹]. شایان ذکر است که اهمیت بررسی شیوه‌های تمرینی

3. Kon

4. Testosterone

5. Growth hormone

6. Takarda

7. Laurentino

8. Manimmanakorn

1. American College of Sports Medicine

2. One-repetition maximum

بود که به صورت، یک نوبت ۲۰ تکرار با ۳۰ ثانیه استراحت بین نوبت‌ها با ۱۰ تا ۳۰ درصد قدرت و در ادامه ۳ نوبت ۱۵ تکراری و ۳۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها (در مجموع ۶۵ تکرار بود) اجرا شد [۲۰، ۳۸]. همچنین، در روش سنتی حرکت اسکوات با ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه در ۴ نوبت ۸_۱۰ تکراری اجرا شد. علاوه بر این، همه آزمودنی‌ها زمانی را به گرم کردن و سرد کردن (۱۰ دقیقه گرم کردن و ۱۰ دقیقه سرد کردن) اختصاص دادند. فشار کاف در نظر گرفته شده برای ایجاد محدودیت جریان خون حدود ۱۶۰ الی ۲۰۰ میلی‌متر جیوه در نظر گرفته شده بود که به فشار سیستولی هر فرد بستگی داشت. با وجود این، در تمام مدت فعالیت، حتی در فاصله استراحت بین ست‌ها جریان خون با محدودیت همراه بود. شدت فعالیت ورزشی مقاومتی به کار گرفته شده با توجه به آمادگی آزمودنی‌ها ۳۰ درصد IRM در نظر گرفته شد. البته برای این که مدت‌زمان فعالیت 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 کانستریک و ۲ ثانیه اکستریک بود [۲۹، ۳۹]. همچنین، شرایط هیپوکسی سیستمیک به وسیله ماسک تمرینی فانتوم (ورژن ۳) به ارتفاع تنظیم شده ۴۹۰۰ متری ایجاد شد که در کل مرحله فعالیت (گرم کردن، تمرین اصلی) روی صورت آزمون‌گر قرار داشت. تمام جلسات تمرینی در بعد ظهر حداقل ۴ ساعت پس از صرف نهار اجرا شد [۳۹]. در هر جلسه، آزمودنی‌ها ۱۰ دقیقه را به گرم کردن اختصاص دادند که شامل حرکات نرمشی و کششی بود.

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 فعالیت (استراحت) و بلافاصله پس از اتمام فعالیت گرفته شد (حدود ساعت ۱۶ الی ۱۹). به منظور جلوگیری از لخته شدن خون، نمونه‌ها بلافاصله به درون لوله‌های FL ساخت ایتالیا انتقال داده شد. سپس، برای جداسازی پلاسما، نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه و با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ (Tajhiz Orom) قرار داده شد و تا پایان پژوهش در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. تستوسترون و کورتیزول با استفاده از کیت Roche ساخت آلمان و روش الکتروکمیومینسانس (ECL) (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. به علاوه، درصد چربی و توده بدون چربی بدن شرکت‌کنندگان با دستگاه ترکیب‌سنج بدن (Inbody 270 ساخت کره) اندازه‌گیری شد. برای آگاهی از فشارخون استراحتی آزمودنی‌ها از دستگاه فشارسنج جیوه‌ای (آلیکادو مدل V-300) استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ تجزیه و تحلیل شد. به منظور بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد و برای بررسی پاسخ تستوسترون و کورتیزول، تحلیل واریانس دوطرفه با اندازه‌گیری مکرر (۲*۳) به کار گرفته شد. همچنین، برای تعیین محل تفاوت نیز از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. مقدار α در تمامی آنالیزهای آماری معادل (۰/۰۵) در نظر گرفته شد.

زمانی مشخص می‌شود که از آن‌ها به عنوان یک روش تمرینی مکمل برای بهبود آمادگی جسمانی، شبیه شرایط مسابقه و همچنین، به عنوان یک جایگزین، به‌ویژه برای افرادی که امکان اجرای فعالیت با شدت بالا را ندارند، استفاده شود. علاوه بر این، این‌گونه از تمرینات با توجه به اینکه با بار کم اعمال می‌شود احتمالاً می‌تواند حداکثر پاسخ‌های حاد مثبت را با حداقل آسیب‌های احتمالی نسبت به بارهای سنگین برای کشتی‌گیران ایجاد کند. همچنین، با توجه به این که سیستم گلیکولیز بی‌هوازی تأمین‌کننده اصلی انرژی در کشتی‌گیران می‌باشد، این‌گونه از تمرینات شاید بتواند با تغییرات هورمونی مشابه تغییراتی که پس از فعالیت مقاومتی سنتی با شدت زیاد ایجاد می‌شود، تغییرات مثبت هورمونی و پاسخ‌های مطلوب فیزیولوژیک را برای بهبود وضعیت جسمانی و فیزیولوژیک ورزشکاران به‌وجود آورد، به همراه داشته باشد. بنابراین، این پژوهش با هدف مطالعه تأثیر فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون و تنفس بر پاسخ تستوسترون، کورتیزول و نسبت تستوسترون به کورتیزول در مردان کشتی‌گیر انجام گرفت.

روش پژوهش

پژوهش حاضر در سال ۱۳۹۷ در شهرستان یزد انجام شد که نوع آن نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. برای این منظور، ۸ کشتی‌گیر مرد به صورت تصادفی از بین ۱۴ نفر کشتی‌گیر با سابقه تمرینی بیش از دو سال که از لحاظ سلامت عمومی در وضعیت نرمال (بدون آسیب) بودند، انتخاب شدند و پس از تأیید نهایی و تکمیل پرسش‌نامه ویژه تعیین سطح فعالیت بدنی و ثبت سوابق بیماری و اخذ رضایت‌نامه، به عنوان نمونه انتخاب شدند و مورد آزمایش قرار گرفتند. پس از اطمینان از سلامت عمومی، آزمودنی‌ها یک هفته قبل از انجام آزمایش‌های اصلی برای آشنایی با مراحل انجام در آزمایشگاه حضور یافتند. به‌علاوه، 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 با روند اجرای پروتکل، برای تعیین IRM کلیه آزمودنی‌ها در حرکت اسکوات از فرمول واتن استفاده شد [۳۷]:

$$IRM = (100 \times W) / (48.8 + (53.8 \times e^{-0.075 \times R}))$$

وزنه جابه‌جا شده: W

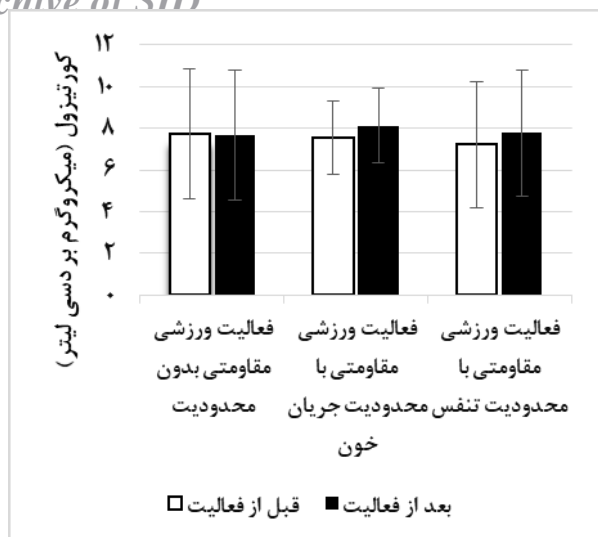
تکرارها: R

شمارش اوپلر: e

قبل از اجرای تست از آزمودنی‌ها خواسته شده بود که حداقل ۲۴ ساعت قبل از فعالیت اصلی، از مصرف موادی که کافئین دارد، اجتناب کنند. علاوه بر این، از مصرف غذاهای پرچرب نیز خودداری شده بود و از افراد شرکت‌کننده خواسته شد که دو ساعت قبل از شروع جلسه آزمون، غذا یا مایعاتی غیر از آب مصرف نکنند.

در این تحقیق که از روش متقاطع استفاده شده بود آزمودنی‌ها در مدت سه هفته متوالی به‌صورت تصادفی در سه حالت سنتی، فعالیت ورزشی مقاومتی به همراه محدودیت جریان خون، فعالیت ورزشی مقاومتی به همراه محدودیت تنفس قرار گرفتند و هر هفته جای روش‌ها تغییر یافت تا همه آزمودنی‌ها هر سه حالت را تجربه کنند. بین اجرای سه روش فعالیت ورزشی مقاومتی با محدودیت جریان خون، با هیپوکسی سیستمیک و سنتی، یک هفته فاصله بود تا آثار متابولیکی و هورمونی ناشی از وهله اول تمرین از بین برود. پروتکل اصلی فعالیت ورزشی مقاومتی، اجرای ۴ نوبت حرکت اسکوات

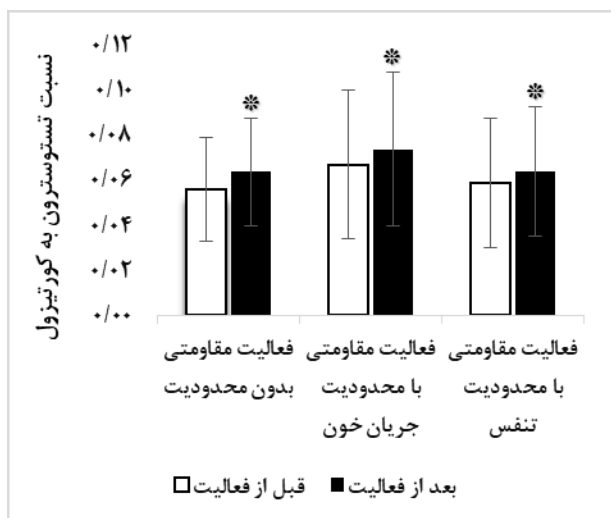
¹. Electrogenated chemiluminescence



* تفاوت معنادار نسبت به پیش‌آزمون ($p < 0.05$).

نمودار ۲. تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی سطوح کورتیزول در سه روش فعالیت ورزشی مقاومتی طی مراحل پیش و پس‌آزمون.

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (۳*۲) برای مقایسه تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی کورتیزول نشان از عدم تفاوت معنادار بین گروهی ($F=0.027, p=0.973$) و درون‌گروهی داشت ($F=2.287, p=0.174$). همچنین، نتایج نشان داد که بین میانگین کورتیزول پیش‌آزمون و پس‌آزمون در روش‌های سنتی ($p=0.861$)، $F=0.033$ ، محدودیت تنفس ($F=0.033, p=0.861$) و محدودیت جریان خون ($F=0.626, p=0.455$) و محدودیت تنفس ($F=0.917, p=0.370$) تفاوت معناداری وجود ندارد (نمودار ۲).



* تفاوت معنادار نسبت به پیش‌آزمون ($p < 0.05$).

نمودار ۳. تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی نسبت تستوسترون به کورتیزول در سه روش فعالیت ورزشی مقاومتی طی مراحل پیش و پس‌آزمون.

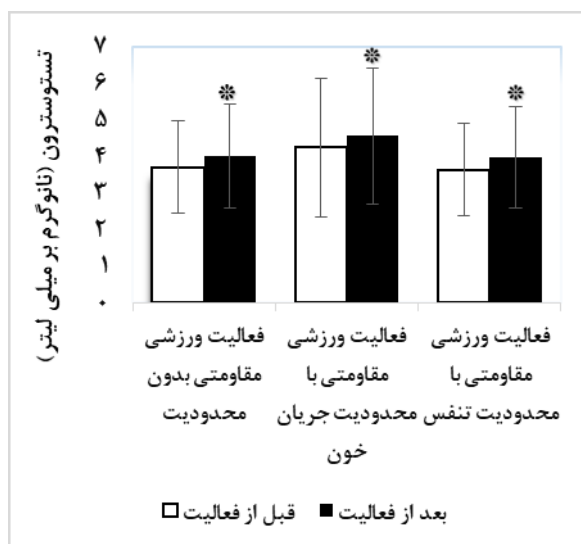
یافته‌ها

شاخص‌های آنترئوپومتریکی و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها در جدول شماره یک ارائه شده است.

جدول ۱_ ویژگی‌های آنترئوپومتریکی و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها

(میانگین \pm انحراف معیار)

سن (سال)	۲۶/۸ \pm ۴/۷
قد (سانتی‌متر)	۱۷۴/۵ \pm ۹/۰
وزن (کیلوگرم)	۷۷/۵ \pm ۱/۴
شاخص توده‌بدنی (متر مربع/کیلوگرم)	۲۵/۲ \pm ۲/۴
چربی بدن (درصد)	۱۹/۸ \pm ۳/۱
توده‌بدون چربی (کیلوگرم)	۶۲/۵ \pm ۷/۷
فشارخون استراحتی سیستولیک (میلی‌متر جیوه)	۱۱۸/۱ \pm ۷/۵
فشارخون استراحتی دیاستولیک (میلی‌متر جیوه)	۷۱/۲ \pm ۶/۴



* تفاوت معنادار نسبت به پیش‌آزمون ($p < 0.05$).

نمودار ۱. تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی تستوسترون در سه روش فعالیت ورزشی مقاومتی طی مراحل پیش و پس‌آزمون.

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (۳*۲) برای مقایسه تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی تستوسترون نشان از عدم تفاوت معنادار بین گروهی ($F=1.126, p=0.352$) و وجود تفاوت معنادار درون‌گروهی (با آزمون تعقیبی بونفرونی) داشت ($F=146.806, p=0.001$). همچنین، نتایج نشان داد که بین میانگین تستوسترون پیش‌آزمون و پس‌آزمون در روش‌های سنتی ($F=18.077, p=0.004$)، محدودیت جریان خون ($F=124.265, p=0.001$) و محدودیت تنفس ($p=0.019$) تفاوت معناداری وجود دارد (نمودار ۱).

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (۳*۲) برای مقایسه تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی نسبت تستوسترون به کورتیزول نشان از عدم تفاوت معنادار بین گروهی ($F=۱/۳۱۱$, $p=۰/۳۰۱$) و تفاوت معنادار درون‌گروهی داشت ($F=۲۱/۲۸۴$, $p=۰/۰۰۲$). همچنین، نتایج نشان داد که بین میانگین نسبت تستوسترون به کورتیزول پیش‌آزمون و پس‌آزمون در روش‌های سنتی ($F=۲۷/۳۵۱$, $p=۰/۰۰۱$) و محدودیت جریان خون ($F=۹/۹۳۸$, $p=۰/۰۱۶$) و محدودیت تنفس ($F=۱۱/۸۳۴$, $p=۰/۰۱۱$) تفاوت معناداری وجود دارد (نمودار ۳).

بحث و نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که اجرای فعالیت ورزشی مقاومتی با ابزار مختلف تمرینی باعث افزایش معنادار میزان تستوسترون، نسبت تستوسترون به کورتیزول و عدم تغییر کورتیزول نسبت به میزان پیش از تمرین می‌شود؛ علاوه بر آن بعد از یک جلسه فعالیت، تفاوتی بین پاسخ تستوسترون و کورتیزول در شرایط مختلف مشاهده نشد. به بیان دیگر، پاسخ تستوسترون و کورتیزول آزمودنی‌ها طی فعالیت ورزشی مقاومتی با محدودیت در مقایسه با شرایط بدون محدودیت افزایش معناداری نداشت؛ این یعنی اینکه هر سه شیوه تمرینی می‌تواند منجر به پاسخ‌های مشابه هورمونی شود. در مطالعات نشان داده شده است که تستوسترون و به‌ویژه کورتیزول به محرک‌های بیشتری برای آزادسازی نیاز دارد [۴۰-۴۲]. بنابراین، تا حد زیادی افزایش تستوسترون در اثر ورزش تحت تأثیر شدت، مدت و نوع ورزش است. البته فعالیت درمانده‌ساز می‌تواند تأثیر منفی بر رهایی تستوسترون داشته باشد [۴۳]. بسیاری از تحقیقات نشان می‌دهد که تنها تمرین قدرتی با شدت زیاد پاسخ کورتیزول را تحریک می‌کند و تمرین با شدت متوسط تأثیری ندارد [۴۴]. در این راستا، راستاد^۱ و همکاران (۲۰۰۰) با مطالعه واکنش هورمون‌ها به تمرینات قدرتی به این نتیجه رسیدند که هورمون‌هایی نظیر تستوسترون و کورتیزول بعد از فعالیت‌هایی با شدت زیاد نسبت به تمرین با شدت متوسط افزایش معناداری پیدا می‌کند [۴۵]. از سویی تفاوت‌های ژنتیکی و استرس طولانی‌مدت می‌تواند الگوی ترشح کورتیزول را در افراد تغییر دهد [۴۶]. از دلایل اصلی عدم تغییر معنادار کورتیزول در پژوهش حاضر می‌تواند تفاوت‌های فردی باشد [۴۷]. نسبت مقادیر تستوسترون به کورتیزول سرم برای ارزیابی پاسخ و پیشگویی عملکرد تمرین به کار می‌رود؛ به طوری که افزایش بیشتر از ۳۰ درصد این مقدار نسبت به حالت اولیه، نشان دهنده برتری فرایند آنابولیکی است. کاهش بیشتر از ۳۰ درصد این مقدار نسبت به حالت اولیه، نشان دهنده افزایش شرایط کاتابولیکی است. انجام فعالیت‌های سنگین و با محدودیت، بدون توجه به دوره‌های کافی بازگشت به حالت اولیه، می‌تواند منجر به برهم خوردن تعادل نسبت به تستوسترون به کورتیزول شود [۴۸]. همچنین، کاهش یا افزایش T/C به‌عنوان یکی از نشانه‌های بالا یا پایین بودن حجم تمرین و خستگی ورزشکاران در نظر گرفته می‌شود که این کاهش یا افزایش ممکن است در اثر افزایش یا کاهش کورتیزول یا کاهش یا افزایش تستوسترون به‌وجود آید [۴۲]. در مطالعه‌ای که توسط مسترپیری^۲ و همکاران (۲۰۱۰) صورت گرفت، نشان داده شد که تفاوت‌های فردی در سطوح تستوسترون به طور مثبتی با تفاوت‌ها در غلظت کورتیزول در مردان و زنان همبستگی دارد؛ یعنی با افزایش یکی دیگری نیز افزایش می‌یابد [۴۹]. بنابراین، با نتایج تحقیق حاضر همسو نبود؛ چرا که همان‌گونه که

تستوسترون افزایش داشت کورتیزول تغییری نداشت، که دلیل آن می‌تواند تفاوت نوع برنامه تمرینی و آزمودنی‌ها باشد. برنامه ارائه شده در این پژوهش از نوع بی‌هوازی بود که انتظار می‌رود سطوح تستوسترون به‌دلیل دسترسی کم به اکسیژن نیاز بدن به متابولیسم بی‌هوازی افزایشی یابد و موجب تجمع لاکتات در عضله و خون شود که خود می‌تواند به‌طور مستقیم تولید تستوسترون از سلول‌های لیدیگ را تحریک کند. با این حال، به نظر می‌رسد که حجم تمرین و ایجاد محدودیت به اندازه کافی سطح تستوسترون را افزایش ندهد [۵۰]. کوک^۳ و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند میزان تستوسترون به همراه فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون افزایش معناداری داشت و مقدار آن در حد بالایی بود، اما میزان کورتیزول افزایش قابل توجهی نداشت [۵۱]. که نتایج آن تا حد زیادی با مطالعات ما همسو بود. البته دلیل عدم افزایش یا تغییر کورتیزول می‌تواند نوع برنامه تمرینی، حجم تمرین، آشنایی با روش محدودیت و روش جمع‌آوری داده‌ها باشد. همچنین، نیم^۴ و همکاران (۲۰۰۴) به این نتیجه رسیدند که یک فعالیت مقاومتی حاد با شدت بالا نمی‌تواند در سطح کورتیزول تغییر معناداری به‌وجود آورد [۵۲]. این یافته‌ها با تحقیق حاضر نیز همسو می‌باشد.

در تحقیقی محمدی^۵ و همکاران (۲۰۱۵) اثر فعالیت مقاومتی با شدت کم به همراه محدودیت جریان خون بر سطوح سرمی کورتیزول و تستوسترون مردان جوان را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج افزایش معنادار کورتیزول و تستوسترون را در هر دو گروه (فعالیت مقاومتی با محدودیت با شدت پایین و فعالیت مقاومتی بدون محدودیت با شدت بالا) نسبت به گروه کنترل نشان داد. نتایج حاصل از تستوسترون در این بررسی با یافته‌های ما نزدیک بود، ولی در رابطه با کورتیزول ناهمسو بود؛ چرا که کورتیزول در نتایج ما تفاوت معناداری را نشان نداد [۲۳]. از جمله دلایل ناهمخوانی یافته‌های ما با نتایج محمدی می‌توان به نحوه اجرای حرکت، ترکیب بدنی و متفاوت بودن آزمودنی‌ها نسبت داد.

در پژوهشی دیگر اسلامی^۶ و همکاران (۲۰۱۹) به مقایسه پاسخ‌های حاد هورمونی ناشی از فعالیت مقاومتی با شدت بالا و پایین فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون در کشتی‌گیران جوان پرداختند. نتایج کاهش نسبت تستوسترون به کورتیزول را در دو گروه فعالیت مقاومتی با شدت بالا و شدت پایین نشان داد، در حالی که در گروه فعالیت مقاومتی با شدت پایین به همراه محدودیت جریان خون افزایش معناداری داشت [۵۴]. نتایج این پژوهش از باب فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون با یافته‌های این تحقیق همسو بود، چرا که هر دو بررسی افزایش معنادار را تجربه کرد. اما دلیل ناهمخوانی، داشتن تمرین مقاومتی با شدت بالا در دو پژوهش در مقدار T/C، ممکن است در کاهش حجم تمرین، نوع و تعداد حرکات بوده باشد.

در مطالعه‌ای دیگر اثر تمرین مقاومتی کم‌شدت تحت شرایط هایپوکسی حاد بر پاسخ‌های هورمونی توسط کن و همکاران (۲۰۱۲) مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به آن که مطالعات گذشته نشان داده‌است که تمرین مقاومتی با شدت کم باعث افزایش حجم عضلانی و قدرت می‌شود. محققان نشان دادند که هایپوکسی باعث سازگاری و ترشحات هورمون‌های آنابولیک در بدنسازان می‌شود. در این تحقیق ۸ مرد در دو گروه تجربی (تمرین مقاومتی با شدت کم در شرایط نورموکسی و تمرین مقاومتی با شدت کم در شرایط هایپوکسی) شرکت کردند. لاکتات و تستوسترون در هر دو گروه افزایش

3. Cook

4. Nieman

5. Mohamadi

6. Eslami

1. Raastad

2. Maestripieri

تشکر و قدردانی

پژوهشگران از همکاری صمیمانه تمامی عزیزانی که ما را در انجام این پژوهش یاری نموده‌اند، قدردانی می‌کنند.

منابع

1. Azarain S, Iranpur A, (2015), Effect of Pyramidal and Reverse-Pyramidal Resistance Training on Electrocardiogram variables In active males, *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*, 3(1): P. 31-43.
2. Fujita, T., W.F. Brechue, K. Kurita, Y. Sato, and T. Abe, (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): p. 1-8.
3. Loenneke, J., C. Fahs, J. Wilson, and M. Bembien, (2011), Blood flow restriction: the metabolite/volume threshold theory, *Medical hypotheses*, 77(5): p. 748-752.
4. -Ahtiainen, J.P., A. Pakarinen, M. Alen, W.J. Kraemer, and K. Häkkinen, (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): p. 572.
5. Kraemer, W.J., K. Adams, E. Cafarelli, G.A. Dudley, C. Dooly, M.S. Feigenbaum, S.J. Fleck, B. Franklin, A.C. Fry, and J.R. Hoffman, (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): p. 364-380.
6. Takarada, Y., Y. Nakamura, S. Aruga, T. Onda, S. Miyazaki, and N. Ishii, (2000), Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion, *Journal of applied physiology*, 88(1): p. 61-65.
7. Afsharnejad T, Amani A, Khorsandi M, Safarzadeh S, (2018), The effects of 8-weeks unilateral resistance training on strength, time to task failure, and synergist co-activation of elbow flexor Muscles in trained and untrained limbs, *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*, 5(1): 27-36.
8. Scott, B.R., K.M. Slattery, D.V. Sculley, and B.J. Dascombe, (2014), Hypoxia and resistance exercise: a comparison of localized and systemic methods, *Sports Med*, 44(8): p. 1037-54.
9. Nishimura, A., M. Sugita, K. Kato, A. Fukuda, A. Sudo, and A. Uchida, (2010), Hypoxia increases muscle hypertrophy induced by resistance training, *International journal of sports physiology and performance*, 5(4): p. 497-508.
10. Vingren, J.L., W.J. Kraemer, D.L. Hatfield, J.M. Anderson, J.S. Volek, N.A. Ratamess, G.A. Thomas, J.-Y. Ho, M.S. Fragala, and C.M. Maresch, (2008), Effect of resistance exercise on muscle steroidogenesis, *Journal of Applied Physiology*, 105(6): p. 1754-1760.

داشت، ولی در گروه دوم (تمرین مقاومتی با شدت کم در شرایط هایپوکسی) به طور معناداری بیشتر از گروه اول بود؛ این در حالی است که کورتیزول در هر دو روش تغییر قابل توجهی نداشت. این نتایج حاکی از این است که فعالیت مقاومتی کم‌شدت در شرایط هایپوکسی باعث افزایش پاسخ‌های متابولیکی و هورمونی بیشتری نسبت به شرایط نورموباریک می‌شود [۵۵]؛ که با نتایج تحقیق حاضر همسو می‌باشد.

ریچالت^۱ و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای با عنوان اثر هایپوکسی در ارتفاع بر پاسخ هورمونی به فاکتورهای هیپوتالاموس نشان دادند که قرار گرفتن در معرض ارتفاع یا شرایط شبیه‌سازی ارتفاع موجب تغییرات فیزیولوژیکی مختلف و فعال یا مهار شدن سیستم‌های مختلف هورمونی می‌شود. هورمون‌های استرسی (کورتیزول و نوراپی‌نفرین) افزایش معناداری را نشان داد؛ در حالی که در میزان دوپامین، GH و IGF-1 تغییری مشاهده نشد [۵۶]. از جمله دلایل ناهمسو بودن این نتایج می‌تواند قرار گرفتن طولانی‌مدت در ارتفاع یا شرایط هایپوکسی باشد؛ چرا که در تحقیق حاضر شرایط هایپوکسی به‌صورت حاد اعمال شده بود.

در مورد خطرات احتمالی ناشی از محدودیت جریان خون شواهدی در دسترس است که نشان می‌دهد این شیوه تمرینی در بعضی موارد منجر به آسیب‌دیدگی می‌شود. این شیوه تمرینی حتماً باید به شکل نظارت شده و در مراکز تخصصی انجام شود تا مشخص شود که آیا جریان مسدود گردیده است یا ورید؛ چرا که فشار بیش از حد کاف می‌تواند منجر به مسدود شدن جریان شود [۵۷، ۵۸]. استفاده از این شیوه تمرینی در محیط‌های باشگاهی و بدون وجود فرد متخصص و مجرب توصیه نمی‌شود. در مواردی که فردی قادر به انجام تمرینات با شدت‌های معمول (بیش از ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه) برای رسیدن به هایپرتروفی عضلانی و سایر فاکتورهای آمادگی عضلانی نباشد، استفاده از این شیوه تمرینی با رعایت ملاحظات نصب وسیله در زمان مقرر و تعریف شده توصیه می‌شود. اخیراً مطالعاتی نشان داده‌است که نتایج به‌دست آمده از تمرینات سنتی با وزنه با نتایج به‌دست آمده از تمرین با محدودیت جریان خون بعد از یکسان‌سازی بارها نزدیک بوده‌است [۵۹].

با انجام تمرینات مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون و تنفس، استرس‌های متابولیکی و پاسخ‌های هورمونی افزایش می‌یابد. همچنین، در بیشتر مطالعات اثر تمرینات با محدودیت جریان خون بیشتر از هایپوکسی سیستمیک گزارش شده است. اما، نتایج تحقیق حاضر تأثیرگذاری نسبتاً برابری از این شیوه‌های فعالیت مقاومتی را نشان داد. بنابراین، می‌توان گفت هر یک از روش‌های تمرینی مذکور در پیشبرد اهداف ورزشی می‌تواند مؤثر واقع شود. اما برای نتیجه‌گیری دقیق‌تر، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، مقایسه‌ای بین تمرینات مقاومتی، سرعتی و استقامتی با و بدون محدودیت جریان خون و تنفس و همچنین، محدودیت همزمان انجام شود و تغییرات متابولیکی و هورمونی آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد. بنابراین، براساس نتایج تحقیق حاضر و از نظر تغییرات حاد هورمون‌های آنابولیک و کاتابولیک می‌توان توصیه کرد فعالیت مقاومتی با شدت‌های پایین همراه با محدودیت جریان خون و تنفس می‌تواند جایگزین فعالیت‌های مقاومتی با شدت بالا شود. بویژه برای افرادی که نمی‌توانند از مزایای وزنه‌های سنگین‌تر بهره‌مند شوند. یا می‌تواند به‌صورت ترکیبی در کنار فعالیت‌های مقاومتی شدت بالا مورد استفاده قرار گیرد.

¹.Richalet

25. Réilly, T. and B. Ekblom, (2005), (The use of recovery methods post-exercise, *Journal of sports sciences*, 23(6): p. 619-627.
26. Passelergue, P., A. Robert, and G. Lac, (1995), Salivary cortisol and testosterone variations during an official and a simulated weight-lifting competition, *International journal of sports medicine*, 16(05): p. 298-303.
27. Crewther, B.T., T. Heke, and J.W. Keogh, (2011), The effects of training volume and competition on the salivary cortisol concentrations of Olympic weightlifters, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(1): p. 10-15.
28. Moghadam A, Ghasemnain A, Azad A, Ghayeblo B, (2016), Compare the effect of two-stage tapering and gradual tapering on serum lactate, testosterone and cortisol in male athletes, *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology* 2(1): 76-88.
29. Docherty, D. and B. Sporer, (2000), A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training, *Sports medicine*, 30(6): p. 385-394.
30. Abe, T., S. Hinata, K. Koizumi, and Y. Sato, (2005), Day-to-day change in muscle strength and MRI-measured skeletal muscle size during 7 days KAATSU resistance training: A case study, *International Journal of KAATSU Training Research*, 1(2): p. 71-76.
31. Gosselink, K., R. Grindeland, R. Roy, H. Zhong, A. Bigbee, E. Grossman, and V. Edgerton, (1998), Skeletal muscle afferent regulation of bioassayable growth hormone in the rat pituitary, *Journal of Applied Physiology*, 84(4): p. 1425-1430.
32. Marx, J.O., N.A. Ratamess, B.C. Nindl, L.A. Gotshalk, J.S. Volek, K. Dohi, J.A. Bush, A.L. Gómez, S.A. Mazzetti, and S.J. Fleck, (2001), Low-volume circuit versus high-volume periodized resistance training in women, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(4): p. 635-643.
33. Moore, D.R., K.A. Burgomaster, L.M. Schofield, M.J. Gibala, D.G. Sale, and S.M. Phillips, (2004), Neuromuscular adaptations in human muscle following low intensity resistance training with vascular occlusion, *European journal of applied physiology*, 92(4-5): p. 399-406.
34. Kon, M., T. Ikeda, T. Homma, T. Akimoto, Y. Suzuki, and T. Kawahara, (2010), Effects of acute hypoxia on metabolic and hormonal responses to resistance exercise, *Medicine and science in sports and exercise*, 42(7): p. 1279-1285.
35. Takarada, Y., Y. Sato, and N. Ishii, (2002), Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes, *European journal of applied physiology*, 86(4): p. 308-314.
36. Laurentino, G.C., C. Ugrinowitsch, H. Roschel, M.S. Aoki, A.G. Soares, M. Neves Jr, A.Y. Aihara, R. Fernandes Ada, and V. Tricoli, (2012), Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression, *Med Sci Sports Exerc*, 44(3): p. 406-12.
37. Manimmanakorn, A., M.J. Hamlin, J.J. Ross, R. Taylor, and N. Manimmanakorn, (2013), Effects of low-load resistance training combined with blood flow restriction or hypoxia on muscle function and performance in netball athletes, *Journal of science and medicine in sport*, 16(4): p. 337-342.
38. Wood, T.M., G.F. Maddalozzo, and R.A. Harter, (2002), Accuracy of seven equations for predicting 1-RM performance of apparently healthy, sedentary
11. Baulieu, E. and P. Robel, (1970), Catabolism of testosterone and androstenedione, *The androgens of the testis*: p. 50-70.
12. Kvorning, T., M. Andersen, K. Brixen, and K. Madsen, (2006), Suppression of endogenous testosterone production attenuates the response to strength training: a randomized, placebo-controlled, and blinded intervention study, *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 291(6): p. E1325-E1332.
13. Volek, J.S., W.J. Kraemer, J.A. Bush, T. Incledon, and M. Boetes, (1997), Testosterone and cortisol in relationship to dietary nutrients and resistance exercise, *Journal of Applied Physiology*, 82(1): p. 49-54.
14. Kraemer, W.J., S. Gordon, S. Fleck, L. Marchitelli, R. Mello, J. Dziados, K. Friedl, E. Harman, C. Maresh, and A. Fry, (1991), Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females, *International journal of sports medicine*, 12(02): p. 228-235.
15. Kraemer, W.J., J.S. Volek, J.A. Bush, M. Putukian, and W.J. Sebastianelli, (1998), Hormonal responses to consecutive days of heavy-resistance exercise with or without nutritional supplementation, *Journal of Applied Physiology*, 85(4): p. 1544-1555.
16. Kraemer, W.J., R.S. Staron, F.C. Hagerman, R.S. Hikida, A.C. Fry, S.E. Gordon, B.C. Nindl, L.A. Gotshalk, J.S. Volek, and J.O. Marx, (1998), The effects of short-term resistance training on endocrine function in men and women, *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 78(1): p. 69-76.
17. Ratamess, N., (2004), Effects of heavy resistance exercise volume on post-exercise androgen receptor content in resistance-trained men.
18. Schwab, R., G.O. Johnson, T.J. Housh, J.E. Kinder, and J.P. Weir, (1993), Acute effects of different intensities of weight lifting on serum testosterone, *Medicine and science in sports and exercise*, 25(12): p. 1381-1385.
19. Kraemer, W.J., J.S. Volek, D.N. French, M.R. Rubin, M.J. Sharman, A.L. Gomez, N.A. Ratamess, R.U. Newton, B. Jemiolo, and B.W. Craig, (2003), The effects of L-carnitine L-tartrate supplementation on hormonal responses to resistance exercise and recovery, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(3): p. 455-462.
20. Kraemer, W.J., N.A. Ratamess, and P. Komi, (2003), Endocrine responses and adaptations to strength and power training, *Strength and power in sport*, 2: p. 361-86.
21. Kraemer, W.J. and N.A. Ratamess, (2005), Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training, *Sports medicine*, 35(4): p. 339-361.
22. Williams, A.G., N.A. Ismail, A. Sharma, and D.A. Jones, (2002), Effects of resistance exercise volume and nutritional supplementation on anabolic and catabolic hormones, *European journal of applied physiology*, 86(4): p. 315-321.
23. Häkkinen, K., A. Pakarinen, M. Alén, and P.V. Komi, (1985), Serum hormones during prolonged training of neuromuscular performance, *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 53(4): p. 287-293.
24. Storey, A. and H.K. Smith, (2012), Unique aspects of competitive weightlifting, *Sports medicine*, 42(9): p. 769-790.

50. Maestripieri, D., N. M. Baran, P. Sapienza, and L. Zingales, (2010), Between-and within-sex variation in hormonal responses to psychological stress in a large sample of college students, *Stress*, 13(5): p. 413-424.
51. Lin, H., S.W. Wang, R.Y. Wang, and P.S. Wang, (2001), Stimulatory effect of lactate on testosterone production by rat Leydig cells, *Journal of cellular biochemistry*, 83(1): p. 147-154.
52. Cook, C.J., L.P. Kilduff, and C.M. Beaven, (2014), Improving strength and power in trained athletes with 3 weeks of occlusion training, *International journal of sports physiology and performance*, 9(1): p. 166-172.
53. Nieman, D., J. Davis, V. Brown, D. Henson, C. Dumke, A. Utter, D. Vinci, M. Downs, J. Smith, and J. Carson, (2004), Influence of carbohydrate ingestion on immune changes after 2 h of intensive resistance training, *Journal of applied physiology*, 96(4): p. 1292-1298.
54. Mohamadi, S., A. Khoshdel, F. Naserkhani, and R. Mehdizadeh, (2015), 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*, 3(3): p. 2345-5071.
55. Eslami, R., M. Yari, and N. Lotfi, Comparison of Acute Hormonal Responses to High and Low-Intensity Resistance Exercise with Blood Flow Restriction in Young Wrestlers, *Annals of Military and Health Sciences Research*, 17(1): p. 2383-1960.
56. Kon, M., T. Ikeda, T. Homma, and Y. Suzuki, (2012), Effects of low-intensity resistance exercise under acute systemic hypoxia on hormonal responses, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(3): p. 611-617.
57. Loenneke, J., J. Wilson, G. Wilson, T. Pujol, and M. Bemben, (2011), Potential safety issues with blood flow restriction training, *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 21(4): p. 510-518.
58. Loenneke, J., R.S. Thiebaut, and T. Abe, (2014), Does blood flow restriction result in skeletal muscle damage? A critical review of available evidence, *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(6): p. e415-422.
59. Loenneke, J.P., J.M. Wilson, P.J. Marín, M.C. Zourdos, and M.G. Bemben, (2012), Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis, *European journal of applied physiology*, 112(5): p. 1849-1859.
39. Abe, T., C.F. Kearns, and Y. Sato, (2006), Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, *Kaatsu-walk training*, *Journal of Applied Physiology*, 100(5): p. 1460-1466.
40. Reeves, G.V., R.R. Kraemer, D.B. Hollander, J. Clavier, C. Thomas, M. Francois, and V.D. Castracane, (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): p. 1616-1622.
41. McDonagh, M.J. and C. Davies, (1984), Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads, *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 52(2): p. 139-155.
42. Gotshalk, L.A., C.C. Loebel, B.C. Nindl, M. Putukian, W.J. Sebastianelli, R.U. Newton, K. Häkkinen, and W.J. Kraemer, (1997), Hormonal responses of multiset versus single-set heavy-resistance exercise protocols, *Canadian journal of applied physiology*, 22(3): p. 244-255.
43. Smilios, J., T. Pilianidis, M. Karamouzis, and S.P. TOKMAKIDIS, (2003), Hormonal responses after various resistance exercise protocols, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(4): p. 644-654.
44. Kurina, L.M., L.A. Weiss, S.W. Graves, R. Parry, G.H. Williams, M. Abney, and C. Ober, (2005), 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*, 90(8): p. 4747-4752.
45. Kawada, S., (2005), What phenomena do occur in blood flow-restricted muscle?, *International Journal of KAATSU Training Research*, 1(2): p. 37-44.
46. Raastad, T., T. Bjøro, and J. Hallen, (2000), Hormonal responses to high-and moderate-intensity strength exercise, *European journal of applied physiology*, 82(1-2): p. 121-128.
47. Lemmer, J.T., D.E. Hurlbut, G.F. Martel, B.L. Tracy, F.M. EY IV, E.J. Metter, J.L. Fozard, J.L. Fleg, and B.F. Hurley, (2000), Age and gender responses to strength training and detraining, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(8): p. 1505-1512.
48. Marcinik, E.J., J. Potts, G. Schlabach, S. Will, P. Dawson, and B. Hurley, (1991), Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance, *Medicine and science in sports and exercise*, 23(6): p. 739-743.
49. Duke Jr, J.W., Influence of exercise training on the free testosterone to cortisol ratio. 2008, The University of North Carolina at Chapel Hill.