JAHSSP

http://jahssp.azaruniv.ac.ir/

http://dx.doi.org/ 10.22049/JASSP.2020.26833.1309

مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش

سال هفتم، شماره اول؛

بهار و تابستان ۱۳۹۹؛ صفحات ٥٤-٤٥

مقاله پژوهشی

مقایسه تأثیر تمرین مقاومتی سنتی و با انسداد جریان خون بر برخی شاخص‌های هورمونی آنابولیکی و کاتابولیکی مردان میانسال فعال

فرید پاکزاد[۱]، جواد وکیلی*[۲]، سعید نیکوخصلت[۳]

تاریخ دریافت: ١٤ فروردین ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: ۲ خرداد ۱۳۹۹

چکیده

هدف: به تازگی، استفاده از تمرین مقاومتی با انسداد جریان خون (BFR) به عنوان جایگزینی برای تمرینات مقاومتی سنگین برای افراد میانسال و سالمند توصیه شده است. لذا، هدف تحقیق حاضر مقایسه تأثیر تمرین مقاومتی با BFR و تمرین سنتی بر سطوح عوامل هورمونی آنابولیک و کاتابولیک در مردان میانسال فعال بود. **روش‌شناسی:** در مطالعه نیمه‌تجربی حاضر ۲۰ مرد میانسال فعال (۲/۵۳±۴۷/۶۵ سال) داوطلب انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه تمرین مقاومتی با انسداد جریان خون (BFR) و تمرین سنتی قرار گرفتند. ۴ هفته تمرین مقاومتی گروه BFR شامل حرکت جلو پا و پرس پا با شدت ۲۰ درصد 1-RM، یک ست ۳۰ تکراری و ۲ ست ۱۵ تکراری و گروه تمرین مقاومتی سنتی شامل همان حرکات با شدت ۸۰ درصد 1-RM در سه ست ۱۰ تکراری بود اجرا کردند. نمونه‌های خونی قبل، بلافاصله بعد (برای هورمون‌های تستوسترون و کورتیزول و لاکتات) و ۲۴ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی (برای هورمون رشد و عامل رشد شبه انسولینی–۱) اخذ شد. داده‌ها با آزمون‌های آماری تحلیل واریانس و تی مستقل در سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ آنالیز شدند. **یافته‌ها:** افزایش غلظت استراحتی هورمون رشد و IGF-I سرمی پس از پروتکل تحقیق معنی‌داری بود و تفاوت معنی‌داری بین دو گروه وجود نداشت. با این حال، تمرین مقاومتی با BFR و تمرین سنتی باعث تغییر معنی‌داری در غلظت کورتیزول و تستوسترون نشد. **نتیجه‌گیری:** بر اساس نتایج به نظر می‌رسد احتمالاً استفاده از تمرینات مقاومتی با BFR طی دوره میانسالی نسبت به تمرین مقاومتی سنتی دارای به لحاظ پاسخ و سازگاری عوامل هورمونی آنابولیک دارای برتری نمی‌باشد، اما به لحاظ اجرا ممکن است بهتر باشد.

واژه‌های کلیدی: آنابولیک، کاتابولیسم، انسداد جریان خون، میانسالی، هورمون

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

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲. استادیار فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران (نویسنده مسئول): ایمیل vakili.tu@gmail.com

۳. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

نحوه ارجاع: فرید پاکزاد، جواد وکیلی، سعید نیکوخصلت. مقایسه تأثیر تمرین مقاومتی سنتی و با انسداد جریان خون بر برخی شاخص‌های هورمونی آنابولیکی و کاتابولیکی مردان میانسال فعال. دو فصلنامه مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش ۱۳۹۹؛ ۷(۱): ۵۴-۴۵.

Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

JAHSSP

http://jahssp.azaruniv.ac.ir/

http://dx.doi.org/ 10.22049/JASSP.2020.26833.1309

Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology
Volume 7, Number 1
Spring/Summer 2020
45-54

Original Article

The Effect of Traditional Resistance Training and with Blood Flow Restriction on Anabolic and Catabolic Hormonal Markers in Active Males

Farid Pakzad [1], Javad Vakili [2*], Saeed Nikokheslat [3]

Received 2 April 2020; Accepted 22 May 2020

Abstract

Aim: Recently, the use of resistance training with restricted blood flow (BFR) has been recommended as an alternative to heavy resistance training for middle-aged and elderly people. Therefore, the aim of this research was to evaluate the effect of age and status of resistance training on basal levels of anabolic and catabolic hormones in middle-age active male. **Methods**: In this semi-experimental study design, 20 middle-aged active men (age 47.65±2.53 years) were selected. Subjects were randomly divided into two groups of resistance training with and without BFR. Subjects in the 4-week BFR group performed knee extension and leg press at 20% 1-RM intensity, one 30 repetition set and 2 sets of 15 repetitions, and the non-BFR training group performed the same movements at 80% 1-RM intensity in three sets with 10 repetitions. Blood samples were also taken to measure testosterone and cortisol, growth hormone and insulin-like growth factor-1. Finally, Data were analyzed by analyses of variance and independent T test. The significance level was set at $p<0.05$. **Results**: Resting concentrations of growth hormone, and IGF-I increased significantly after four weeks of resistance training with and without BFR. There was no different between resistance training with and without BFR in growth hormone and IGF-I. However, four weeks of resistance training with and without BFR did not significantly change testosterone and cortisol concentration. **Conclusions**: Based on the results, it seems likely that the use of resistance training with BFR during middle age is not superior to traditional resistance training in terms of response and adaptation to anabolic hormonal factors, but may be better in terms of implementation.

Keywords: Anabolic, Catabolism, Blood Flow Occlusion, Hormone

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

١. PhD student in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

2.Assistant Professor in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (Corresponding Author): Email:vakili.tu@gmail.com

3.Associate Professor in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

Cite as: Pakzad, Farid, Vakili, Javad, Nikokheslat, Saeed. The effect of traditional resistance training and with blood flow restriction on anabolic and catabolic hormonal markers in active males**.** *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2020; 7(1): 45-54.

Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

مقدمه

توسعه بسیاری از جنبه‌های جسمی و عملکردی انسان تا حدود زیادی به پاسخ‌ها، سازگاری‌ها و نیمرخ هورمونی افراد بستگی دارد. هورمون‌ها را می توان بر اساس نقش‌شان در سنتز یا تجزیه پروتئین به دو گروه اصلی آنابولیک و کاتابولیک تقسیم کرد. هورمون رشد (GH[1])، تستوسترون و عامل رشد شبه انسولینی–۱ (IGF-1[2]) مهمترین هورمون‌های آنابولیک و کورتیزول مهمترین هورمون کاتابولیک می‌باشد (۳۶). GH، عامل رشدی شبه انسولینی (IGF) و تستوسترون در مردان، هورمون‌های موثر بر بافت عضله، استخوان و چربی هستند. GH عامل قوی متابولیکی است که رشد و هایپرتروفی عضله را با تسهیل در انتقال اسیدهای آمینه به درون سلول افزایش داده و موجب پدیده رشد بافتی می‌شود (۱). همچنین، تاثیر GH بر سنتز پروتئین در عضلات از طریق IGF-1 صورت می‌گیرد. GH آزاد شدن IGF-1 را از کبد تحریک می‌کند. همچنین، افزایش نسبت توده عضلانی به توده چربی به دلیل افزایش ترشح تستوسترون است. تستوسترون، آزاد شدن GH و عوامل عصبی درگیر در فرآیندهای آنابولیکی را تحریک می‌کند (۲). در این میان، کورتیزول نیز با تاثیر بر تجزیه پروتئین‌ها به اسیدهای آمینه بر کاتابولیسم عضله تاثیر گذار است (۱). یکی از عوامل تاثیرگذار بر ترشح هورمون‌ها فعالیت بدنی و ورزشی می‌باشد که بر اساس نوع ورزش (مقاومتی، استقامتی و ...)، شدت و مدت اجرای آن، تعداد و بزرگی عضلات درگیر و یا سابقه تمرینی، پاسخ هورمون ها نیز متفاوت می‌باشد (۳). در این میان، فعالیت ورزشی مقاومتی محرک قوی برای افزایش کوتاه مدت غلظت هورمون‌های گردش خون از قبیل تستوسترون، GH و کورتیزول است (۳). تحقیقات نشان می‌دهد که تمرین قدرتی از طریق افزایش هورمون‌های فوق الذکر باعث بیان پروتئین‌های عضله بیشتر از سطوح استراحتی می‌شود (۴). این نکته باید در نظر گرفته شود که پاسخ‌ها و سازگاری‌های هورمونی در افراد با توجه به وضعیت تمرینی آنها دچار تغییراتی می‌شود (۵) و مشاهده شده است که انجام تمرین مقاومتی توسط افراد تمرین نکرده موجب بهبود و افزایش سطوح استراحتی و پاسخ هورمونی آنها به تمرینات مقاومتی می‌شود (۶).

از طرف دیگر سن یکی دیگر از عوامل مهم و تاثیر گذار بر سطوح هورمونی است و حتی پاسخ‌ها و سازگاری‌های این پیامبرهای شیمیایی نسبت به فعالیت ورزشی را نیز می‌تواند تحت تاثیر قرار دهد (۷, ۸). با افزایش سن و پس از دوره جوانی ترشح و پاکسازی روزانه هورمون‌های آنابولیک به ویژه GH به طور پیش رونده‌ای کاهش می‌یابد (۹). در نتیجه، سطوح پایین این هورمون‌ها می‌تواند تغییراتی در ترکیب بدنی، عملکرد و پاسخ‌های ورزشی ایجاد نماید. کاهش وابسته به سن IGF-1 و تستوسترون در مردان بطور قابل ملاحظه ای با حجم عضلانی مرتبط بوده است (۸, ۱۰). هر چند در پاسخ به یک جلسه فعالیت ورزشی استقامتی یا مقاومتی (۷) سطوح این هورمون‌ها مستقل از سن به صورت حاد افزایش می یابد (۱۱). به طوری که واکر[3] و همکاران با بررسی پاسخ‌های هورمونی به ۲۰ هفته تمرین مقاومتی در افراد جوان و سنین بالاتر گزارش کردند که افراد جوان قبل و بعد از دوره تمرینی در پاسخ به یک وهله فعالیت، پاسخ GH و تستوسترون بیشتری دارند(۱). از طرف دیگر کورتیزول یک تاثیر کاتابولیک روی پروتئین های میوفیبریل داشته و از سنتز جلوگیری می کند مطالعاتی که یک دوره تمرینی و یک وهله تمرین مقاومتی را بررسی کرده اند نشان داده اند که پاسخ های کوتاه مدت GH یا تغییرات در غلظت های استراحتی تستوسترون و کورتیزول یا نسبت تستوسترون به کوتیزول به خوبی با تغییرات در قدرت و اندازه عضله مرتبط است (۳). در راستای تبین پاسخ عوامل هورمونی به ورزش مقاومتی، اسمیلیوس[4] و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که غلظت تستوسترون تحت تاثیر فعالیت قرار نگرفت ولی غلظت کورتیزول به طور معنی داری کاهش یافت (۱۲).

این نکته باید خاطر نشان شود که در تمامی این مطالعات از بارهای تمرینی سنگین و تمرینات مقاومتی سنتی استفاده شده است که احتمالاً انجام این نوع تمرینات با دشواری‌های در اجرا برای گروه‌های سنی میانسال و سالمند همراه است. از اینرو، در شرایط بالینی، استفاده از بارهای سنگین برای افراد تمرین نکرده، غیرورزشکار، سالمند و آسیب دیده اغلب مشکلاتی به همراه دارد. نتیجه این که روش‌های تمرینی بدون استفاده از بارهای سنگین که باعث هایپرتروفی شده یا از آتروفی عضله جلوگیری کند، بسیار ضروری به نظر می‌رسد (۱۳)۳۸). در این راستا، محققان شیوه جدیدی تمرینی با عنوان تمرینات با محدودیت جریان خون (BFR)[5] که به نام تمرینات کاتسو[6] نیز شناخته می‌شود را پیشنهاد داده‌اند. در این روش، تمرین مقاومتی با شدت ۴۰–۱۰ درصد یک تکرار بیشینه (1RM[7]) انجام می‌شود، جریان خون ورودی به عضله فعال از طریق بستن کاف یا کش (تورنیکه) لاستیکی انعطاف‌پذیر به دور قسمت نزدیک به تنه بازو یا ران، محدود یا متوقف می‌شود (۱۴). این عمل سبب ایجاد حوضچه خونی موقت در عضو شده و در پی آن تجمع مواد متابولیکی به ویژه اسیدلاکتیک به طور موضعی در عضو افزایش می‌یابد که این افزایش غلظت متابولیت‌ها، اسیدی شدن محیط داخلی عضله، افزایش یون H^+ و کاهش دسترسی بافتی به اکسیژن خون باعث آزادسازی هورمون‌های آنابولیکی مانند GH از محور هیپوتالاموس–هیپوفیزی و متعاقب آن عامل رشد شبه انسولینی–۱ (IGF-I) و سایر عوامل هورمونی نظر تستوسترون و کورتیزول می‌شود (۱۵, ۱۶). به طور مثال، شیمیزو[8] و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که چهار هفته تمرین مقاومتی (با ۲۰ درصد یک تکرار

[1] Growth Hormone
[2] Insulin-like growth factor 1
[3] Walker
[4] Smilious
[5] Blood Flow Restriction
[6] Kaatsu
[7] 1 repetition maximom
[8] Shimizu

Copyright ©The authors
Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

بیشینه) با و بدون BFR باعث افزایش بیشتر غلظت سرمی عوامل هورمونی آنابولیک به ویژه GH افراد سالمند نسبت به گروه بدون محدودیت جریان خون شد (۱۵). با این حال، شلمزاری و همکاران (۲۰۲۰)، تیلور[1] و همکاران (۲۰۱۶) و باصره[2] و همکاران (۲۰۱۶) گزاش کردند که تمرین کاتسو تأثیر معنی‌داری بر بیان عوامل رشدی و مقادیر سرمی GH نداشته است (۱۴, ۱۷). با توجه به تناقضات موجود در این زمینه و همچنین عدم بررسی و مقایسه جامع تاثیر تمرین مقاومتی همراه با BFR بر هر دو نوع عامل آنابولیک و کاتابولیک در افراد میانسال مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر چهار هفته تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون بر سطوح عوامل هورمونی آنابولیک و کاتابولیک در مردان میانسال فعال انجام شد.

روش شناسی

تحقیق حاضر در قالب طرح‌های نیمه‌تجربی پس از تأیید کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی تبریز انجام شد. جامعه آماری تحقیق حاضر، شامل مردان میانسال فعال (بیشتر از ۱۵۰ دقیقه فعالیت بدنی یا تمرینات ورزشی منظم طی هفته) بود. معیارهای ورود به مطالعه شامل موارد ذیل بودند: فعال باشند، دامنه سنی ۵۵–۴۵، درصد چربی ۲۵–۱۵ درصد و طی شش ماه قبل از شروع تحقیق به طور سرخود یا به دلیل بیماری و تحت نظر پزشک از دارو و مکمل‌های آنابولیک، فشار خون، ضدالتهابی و ضداکسایشی مانند کراتین، پروتئین وی، آرژنین، ایبوپروفن، زنجبیل، کافئین و ... استفاده نکرده باشند. به علاوه، شرایط خروج از مطالعه عبارت بودند از: آسیب‌دیدگی در ناحیه پایین تنه (زانو، ران و مچ پا)، ابتلا به بیماری مزمن قلبی–عروقی، فشار خون و کلیوی، استعمال سیگار و چاقی یا کمبود وزن بیش از حد. پس از هماهنگی‌های اولیه با باشگاه های سطح شهر نقده، گروه های تربیت بدنی دانشگاه پیام نور و آزاد و کارکنان ادارات سطح شهر، از همه افراد داوطلب ثبت نام بعمل آمد. همه داوطلبین (۳۴ نفر) با حضور در جلسه هماهنگی، پس از شرح کامل اهداف و روش‌های اندازه‌گیری، پرسشنامه بین‌المللی سلامتی، آمادگی جسمانی مرتبط با مهارت و سطح فعالیت بدنی روزانه (IPAQ)[3] (روایی = ۰/۹۳ و پایایی= ۰/۹۵) و یادآمد تغذیه‌ای ۲۴ ساعته (روایی= ۰/۸۷ و پایایی= ۰/۹۱) را تکمیل کرده (بررسی نتایج ارزیابی تغذیه با استفاده از نرم افزار Nutritionist IV انجام شد) و توسط پزشک عمومی و متخصص قلب و عروق تحت معاینات پزشکی قرار گرفتند(۱۸). سپس براساس معیارهای ذکر شده داوطلبان فاقد معیارهای فوق (تعداد هفت نفر) از مطالعه حذف شدند. به منظور انتخاب نمونه مورد مطالعه، دو هفته قبل از شروع تحقیق، ویژگی‌های فردی و برخی از شاخص‌های پیکرسنجی مثل سن، قد، وزن بدن، درصد چربی آزمودنی ها اندازه گیری شده و با توجه به معیارهای ورود به طرح از بین افراد داوطلب ۲۰ نفر آزمودنی انتخاب شدند.

در فاصله زمانی ۱۴ روز مانده به شروع پروتکل تمرینی، آزمودنی‌ها سه جلسه تمرین مقاومتی ساختاری (در این مرحله نحوه اجرای حرکات، آمادگی‌های تاندونی–استخوانی، بهبود انعطاف‌پذیری و افزایش دامنه حرکتی طی اجرای حرکات اصلی مد نظر محقق بود) برای آشنا شدن با وزنه اجرا کردند. سپس در طی یک هفته مانده به شروع تحقیق قدرت بیشینه آزمودنی‌ها در حرکات پرس پا و باز کردن زانو اندازه‌گیری شد. سپس آزمودنی‌ها بر اساس میزان یک تکرار بیشینه (1-RM) در یکی از دو گروه (هر گروه ۱۰ نفر) تمرین با انسداد جریان خون و تمرین سنتی (بدون انسداد جریان خون) قرار گرفتند. سپس ازآزمودنی‌های هر یک از گروه‌ها تست فعالیت ورزشی مقاومتی با محدودیت جریان خون شامل یک ست ۳۰ تکراری و ۲ ست ۱۵ تکراری حرکت جلو پا و پرس پا با ۲۰ درصد یک تکرار بیشینه و نیم دیگر تست فعالیت ورزشی مقاومتی بدون محدودیت جریان خون (۳ ست ۱۰ تکراری حرکت جلو پا و پرس پا با ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه) را به عنوان پیش آزمون اجرا کردند و پس از آن هر گروه چهار هفته تمرین تعریف شده برای خود را اجرا کردند استراحت بین حرکات ۳۰ ثانیه و استراحت بین ست‌ها ۹۰ ثانیه بود. به طوری که در گروه تمرینی با محدودیت جریان خون، ۳ جلسه در هفته حرکت جلو پا و پرس پا با ۲۰ درصد یک تکرار بیشینه و دو گروه تمرینی بدون محدودیت جریان خون، ۳ جلسه در هفته حرکت جلو پا و پرس پا با ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه را اجرا کردند. ۴۸ – ۷۲ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین تمامی آزمودنی ها دو حرکت جلو پا و پرس پا را در ۳ ست ۱۰ تکراری با ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه به عنوان پس آزمون انجام دادند. تست عملکردی تعیین قدرت بیشینه برای حرکت جلو پا و پرس پا، ۴۸ تا ۷۲ ساعت قبل از پیش آزمون و ۷۲ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین، از تمامی آزمودنی ها گرفته شد. همچنین، از طرفی نمونه‌های خونی قبل، بلافاصله بعد (ارزیابی لاکتات، هورمون‌های تستوسترون و کورتیزول) و ۲۴ ساعت پس از اتمام پروتکل تمرینی (قبل و بعد از دوره تمرینی) اخذ شد. همچنین، لاکتات خون بلافاصله قبل از اولین و آخرین جلسه تمرینی گرفته شد. این نکته باید خاطر نشان شود که نمونه‌گیری انجام شده ۲۴ ساعت بعد به منظور اندازه‌گیری سطوح استراحتی GH و IGF-I (به دلیل کنترل حالت نوسانی ترشح این هورمون‌ها طی ریتم شبانه‌روزی) اخذ شد.

روش محدودیت جریان خون

پس از حضور آزمودنی‌ها در آزمایشگاه، ابتدا به مدت ۲۰ دقیقه در وضعیت طاق باز قرار گرفته و سپس فشار خون سیستولی و دیاستولی بازویی آنها با استفاده از فشارسنج جیوه‌ای اندازه‌گیری شد. محدودیت جریان خون حین فعالیت ورزشی با استفاده از کاف فشار خون (عرض ۱۷ سانتی متر و طول

[1] Taylor
[2] Basereh
[3] International Physical Activity Questionnaires (IPAQ)

Copyright ©The authors
Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

۱۲۰ سانتی متر) در انتهای پروگزیمال اندام تحتانی اعمال شد. با توجه به اینکه فشار سیستولی پایین تنه ۳۰-۲۰ درصد بالاتر از فشار سیستولی بالا تنه می باشد اعمال انسداد عروقی، هر یک از حرکات ورزشی (پرس پا و باز کردن زانو یا جلو پا) با فشار کاف ۲۰ میلی متر جیوه بالاتر از فشار سیستولی پایین تنه تعیین شده برای هر فرد اجرا شد (۱۹, ۲۰). با توجه به دوره تمرینی ۴ هفته ای و سازگاری ایجاد شده با تمرینات، دو هفته پس از شروع تمرین فشار کاف ۱۰ میلی متر جیوه افزایش یافت. کاف فشار خون شامل یک تیوپ لاستیکی بود که دارای دو مجرا بوده یکی برای ورود هوا و دیگری برای نصب بارومتر فشار داخل آن است که تا ۳۰۰ میلی‌متر جیوه فشار کاف‌ها قابل افزایش بود (۲۱, ۲۲).

پروتکل ورزشی

آزمودنی‌های گروه BFR، ۴ هفته فعالیت ورزشی مقاومتی (حرکات جلو پا و پرس پا) با شدت پایین (۲۰ درصد یک تکرار بیشینه، یک ست ۳۰ تکراری و ۲ ست ۱۵ تکراری) اجرا نمود. با این حال، تمرین مقاومتی سنتی یا بدون BFR شامل انجام حرکات پرس پا و جلو پا (سه ست ۱۰ تکراری در ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه) بود (۱۹, ۲۰). به منظور خنثی سازی اثر سازگاری و پیشرفت، پس از دو هفته از گروه بدون محدودیت جریان خون آزمون یک تکرار بیشینه گرفته شده و وزنه ها همسان سازی شدند. کاف دو دقیقه قبل از شروع حرکت پرس پا بسته شد و در زمان اجرا و ریکاوری بین ست ها به صورت باد شده باقی ماند و بلافاصله پس از هر حرکت باز شد و بلافاصله قبل از شروع حرکت جلو پا دوباره بسته شده و تا پایان ست آخر باد شده باقی ماند. همچنین بین هر ست (نوبت) اجرای حرکات با BFR، ۹۰ ثانیه استراحت و بین اجرای حرکت پرس پا و جلو پا ۳ دقیقه استراحت وجود داشت (۲۰). علاوه بر این آهنگ اجرای حرکات مقاومتی بصورت ۲ ثانیه برای اجرای فاز درونگرا و ۲ ثانیه برای فاز برونگرا بود (۱۹, ۲۰). لازم به ذکر می باشد تمام جلسات تمرینی پس از ۱۰ دقیقه گرم کردن شامل حرکات نرمشی، کششی و دویدن آرام ، تمرین اصلی برای گروه با BFR ۲۱ دقیقه، برای گروه تمرین مقاومتی سنتی ۱۵ دقیقه و ۱۰ دقیقه سرد کردن متعاقب اتمام حرکات انجام شد(۲۳).

روش اندازه‌گیری‌های شاخص‌های خونی

پنج میلی لیتر نمونه خونی اخذ شده از ورید آنته کوبیتال پیش آرنجی یک میلی‌لیتر جهت آزمایش CBC برای تعیین تعداد سلول‌های مختلف خونی و غلظت هموگلوبین نمونه با استفاده از جذب نوری نمونه در طول موج ۵۴۰ نانومتر در مقابل بلانک با کمک جذب نوری و محاسبه غلظت استاندارد و یا با کمک منحنی استاندارد استفاده می‌شود. غلظت پلاسمایی عوامل هورمونی GH (حساسیت ۰/۰۲ نانوگرم بر میلی لیتر و CV ۴/۸ درصد)، IGF-I (حساسیت ۱۸/۷۵ نانوگرم بر میلی لیتر و CV ۴/۲ درصد)، کورتیزول (حساسیت ۱۴/۷۱ پیکوگرم بر میلی لیتر و CV ۴/۱ درصد) و تستوسترون (حساسیت ۲/۲۸ پیکوگرم بر میلی لیتر و CV ۳/۶ درصد) با استفاده از سیستم اندازه‌گیری کمی لومینسانس به صورت داپلیکیت بر اساس دستورالعمل شرکت سازنده کیت (ساخت شرکت مونوبایند کشور آمریکا) اندازه‌گیری شد (۲۴). غلظت لاکتات مویرگی با استفاده ازدستگاه لاکتومتر اسکات ساخت کشور آمریکا (بر حسب میلی‌مول بر لیتر) اندازه گیری شد.

روش‌های آماری

ابتدا وضعیت توزیع و همگنی داده‌ها (میانگین و انحراف استاندارد) به ترتیب با استفاده از آزمون‌های کلموگروف-اسمیرنف و تحلیل واریانس یکطرفه و سپس تغییرات هر یک از شاخص‌ها طی مراحل با آزمون‌های تحلیل واریانس ۲*۲ و آزمون تی مستقل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همه عملیات‌ها و تحلیل‌های آماری در سطح معنی‌داری پنج صدم با استفاده از نرم‌افزار SPSS/PASW تحت ویندوز نسخه ۲۲ انجام شد.

نتایج

در جدول شماره ۱ مشخصات پیکرشناختی آزمودنی‌ها ارائه شده است.

جدول شماره ۱- مشخصات آنتروپومتریکی و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها

شاخص‌ها	تمرین مقاومتی با BFR	تمرین مقاومتی سنتی
سن (سال)	۴۸/۵±۳/۲۴	۴۶/۹±۱/۷۲
وزن (کیلوگرم)	۸۰/۱±۳/۶	۷۸/۴±۲/۳۶
قد (متر)	۱/۷۴±۰/۳	۱/۷۶±۰/۴
درصد چربی	۱۹/۷۵±۱/۲۵	۱۹/۳±۱/۵۶
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/ مترمربع)	۲۶/۲۱±۱/۶۴	۲۵/۲±۱/۷۱
هموگلوبین (گرم بر دسی لیتر)	۱۵/۴±۳/۲	۱۵/۱±۲/۱
هماتوکریت (درصد)	۴۵/۵±۴/۱	۴۶/۱±۳/۶
لکوسیت‌های خون محیطی (تعداد× 10^3/میکرولیتر)	۵/۹±۰/۹	۶/۱±۱/۰۱

Copyright ©The authors

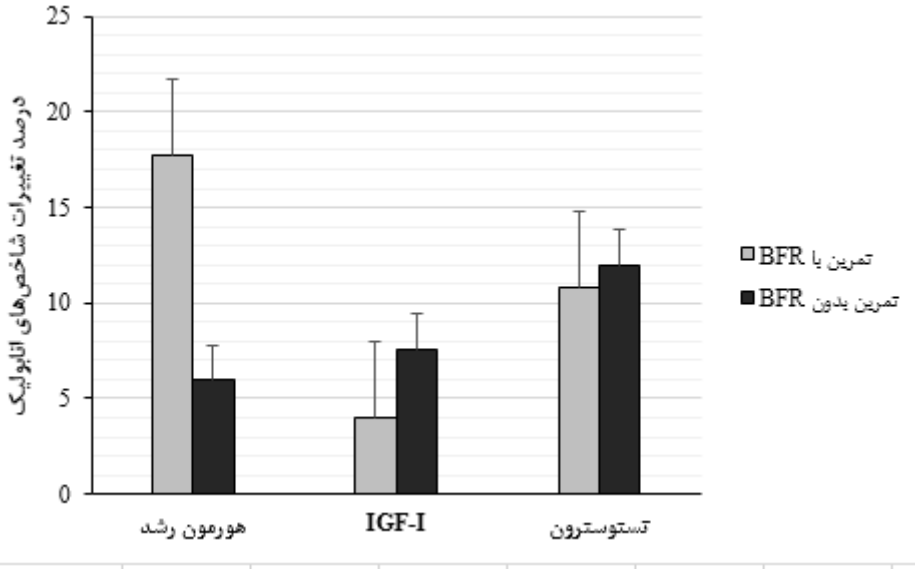
همچنین، در جدول شماره ۲ مقادیر متغیر وابسته در هر دو گروه ذکر شده است.

جدول شماره ۲- تغییرات هر یک از شاخص‌های اندازه‌گیری شده

شاخص‌ها		مقادیر شاخص‌ها (میانگین ± انحراف استاندارد)					
		تمرین مقاومتی با BFR			تمرین مقاومتی سنتی (بدون BFR)		
		قبل	بعد	سطح معنی‌داری	قبل	بعد	سطح معنی‌داری
IGF-I (نانوگرم بر میلی‌لیتر)		۵۰۲/۸±۵۷/۷	۵۲۳/۱±۵۴/۰۴	*۰/۰۰۳	۵۱۰/۷±۷۱/۸	۵۵۲/۱±۶۳/۶	*۰/۰۰۵
GH (نانوگرم بر میلی لیتر)		۱/۰۰۲±۰/۲۷	۱/۲۲±۰/۲۱	*۰/۰۰۱	۱/۰۹±۰/۴۶	۱/۱۶±۰/۴۳	*۰/۰۰۶
تستوسترون (نانومول بر لیتر)		۱۲/۵±۲/۵۶	۱۴/۰۲±۰/۵۷	۰/۰۷۳	۱۱/۹۳±۲/۳	۱۳/۵۶±۰/۴۳	۰/۰۷۹
کورتیزول (نانومول بر لیتر)		۳۰۷/۳±۲۸/۳	۳۰۴/۳۴±۲۶/۵	۰/۰۷۸	۳۳۹/۰۶±۴۹/۴	۳۳۸/۱±۴۸/۹	۰/۵
لاکتات (میلی‌مول بر لیتر)	آزمون اول	۳/۹۷±۲/۲۴	۹/۶۶±۱/۶۲	*۰/۰۰۱	۳/۴±۰/۹۲	۸/۹۷±۱/۹۹	*۰/۰۰۱
	آزمون دوم	۴/۱±۰/۶	۹/۹±۲/۱۸	*۰/۰۰۱	۳/۳۵±۱/۰۶	۹/۱۳±۱/۹۸	*۰/۰۰۱

*معنی‌دار نسبت به مرحله پیش آزمون

نتایج به دست آمده نشان داد که غلظت استراحتی GH و IGF-I (P=۰/۰۰۳)، (P=۰/۰۰۵) پس از چهار هفته تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون به طور معنی‌داری افزایش یافته است (جدول ۲). افزایش غلظت استراحتی هورمون رشد بین دو گروه تفاوت معنی‌دار نداشت (P=۰/۶). با این حال، چهار هفته تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون باعث تغییر معنی‌داری در پاسخ هورمون کورتیزول و تستوسترون سرمی نشد (P=۰/۵۳). همچنین، در هر دو گروه قبل و پس از پروتکل تمرینی لاکتات خون در پاسخ به تمرین BFR و تمرین مقاومتی سنتی به طور معنی داری افزایش یافت و تفاوت معنی داری بین دو گروه مشاهده نشد.



نمودار ۱. مقایسه درصد تفاوت عوامل آنابولیک افراد میانسال فعال پس از چهار هفته تمرین مقاومتی با BFR و تمرین سنتی

Copyright ©The authors

بحث

هدف از مطالعه حاضر، بررسی تأثیر چهار هفته تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون بر سطوح عوامل هورمونی آنابولیک و کاتابولیک در مردان فعال بود. در این راستا، نتیجه تحقیق حاضر مبنی بر تأثیر معنی‌دار چهار هفته تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون بر افزایش GH سرمی با نتایج برخی از مطالعات قبلی از جمله وانگ و همکاران (۲۰۱۹)، پترسون[1] و همکاران (۲۰۱۳) و لارکین[2] و همکاران (۲۰۱۲) همسو است (۲۵-۲۷). به عنوان نمونه، به طور مثال، شیمیزو[3] و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که فعالیت ورزشی مقاومتی (با ۲۰ درصد یک تکرار بیشینه) با BFR باعث افزایش بیشتر غلظت سرمی GH افراد سالمند نسبت به گروه بدون BFR شده است (۱۵). همچنین، پژوهش کیم و همکاران که نشان دادند پس از تمرین قدرتی با انسداد عروقی GH، افزایش معنی‌داری داشته است، همخوانی داشت (۲۸). در این مطالعه محققان افزایش معنی‌دار GH در گروه با انسداد را به شرایط هایپوکسی نسبت دادند و بیان کردند که این وضعیت موجب تجمع متابولیت‌ها و در نتیجه افزایش غلظت GH به مقدار زیادتری در مقایسه با تمرینات مقاومتی سنتی می‌شود (۲۹). همچنین، نتایج تحقیق گودفری[4] و همکاران نشان داد میزان ترشح GH پس از اجرای تمرینات قدرتی با شدت متوسط و تکرار زیاد تا حد زیادی افزایش پیدا می‌کند. این محققان اصلی‌ترین دلیل این امر را به افزایش میزان نیتریک اکسید (NO) و لاکتات نسبت دادند. نیتریک اکسید یکی از مهمترین انتقال دهنده‌های درون سلولی و بین سلولی است که نقش مهمی در کنترل رهاسازی GH از محور هیپوتالاموس-هیپوفیز دارد. بنابراین، به نظر می‌رسد نیتریک اکسید می‌تواند سبب تسهیل رهاسازی GH از هیپوفیز قدامی به گردش عمومی خون شود (۳۰). به علاوه، ولتمن[5] و همکاران نیز یکی از دلایل افزایش ترشح GH پس از تمرینات با شدت متوسط و زیاد را افزایش فعالیت دستگاه عصبی سمپاتیک عنوان کردند. افزایش فعالیت سیستم عصبی سمپاتیک سبب ترشح اپی‌نفرین، نوراپی‌نفرین و تحریک فعالیت نورون‌های مرکزی آدرنرژیک شده که درپی آن میزان ترشح GH افزایش می‌یابد(۳۱).

این نکته باید خاطر نشان شود که کاهش اکسیژن‌رسانی (سرکوب سوخت و ساز هوازی) طی تمرینات با BFR باعث افزایش موضعی تجمع لاکتات در سطح عضله فعال در فعالیت بدنی و از این طریق به افزایش ترشح GH از هیپوفیز قدامی و پاسخ ناشی از ورزش آن منجر می‌شود (۳۲). بر اساس نتایج مطالعات پیشین، زمانی که شدت تمرین بالا و فواصل استراحت بین تمرین کوتاه (یک دقیقه) باشد یا آنکه شدت برنامه تمرینی متوسط و دوره های کوتاه استراحت باشد، پاسخ GH به انجام وهله‌های تمرینی افزایش می‌یابد. اسیدوز بیشتر (غلظت لاکتات خون بیشتر) به احتمال زیاد به افزایش پاسخ GH کمک می‌کند (۱۲،۱۱). به طور معمول افزایش غلظت GH با مدت زمان فعالیت و شدت آن رابطه مستقیم دارد. همچنین، به نظر می‌رسد که پاسخ هورمونی و سازش‌پذیری با آن، تا حد زیادی به نوع برنامه تمرینی وابسته است. متغیرهایی چون بار تمرین، تعداد نوبت‌ها، تعداد تکرارها، مقدار استراحت بین نوبت‌ها، حجم عضلات درگیر و تعداد جلسات در هفته از آن جمله هستند. یک توضیح دیگر برای افزایش GH پس از تمرینات ورزشی، ممکن است مربوط به افزایش هیپوگلیسمی، اثر تحریکی قشر حرکتی و فعال سازی سیستم عصبی سمپاتیک (نوراپی‌نفرین) و تاثیر آن بر هیپوتالاموس باشد(۳۳). همچنین، از میزان کاهش pH ناشی از فعالیت ورزشی به عنوان عوامل اصلی مؤثر بر واکنش هورمون‌ها از جمله GH به فعالیت ورزشی نام برده شده است. پس از تمرین در شدت بالاتر از آستانه لاکتات نشان داده است که ترشح ضربانی GH در حالت استراحت تقویت می شود (۳۱). با این حال در برخی مطالعات کاهش (۳۱) یا افزایش (۴)(۳۴) و یا عدم تاثیر (۱۹)(۳۵) بر GH گزارش شده است. با این حال، این تغییر ممکن است مربوط به کاهش شدت نسبی فعالیت ورزشی طی یک دوره تمرینات ورزشی باشد. هنگامی که افراد تمرین کرده با همان شدت نسبی فعالیت می کنند، برای بهبود عملکرد، یک پاسخ GH بزرگتر به محرک دیده می‌شود (۳۴).

علاوه بر اثرات فوق الذکر، افزایش تولید اسید لاکتیک ناشی از محدودیت جریان خون حین تمرینات مقاومتی به افزایش فعالیت محور هورمون رشد- عامل رشد شبه انسولین-۱ (IGF-I) و به دنبال آن فعال‌سازی مسیرهای پایین دستی بروز هایپرتروفی می‌شود. در واقع، محور GH/IGF-I از طریق فعال‌سازی فسفاتیدیل اینوزیتول-۳ کیناز[6] (PI3K) و پروتئین کیناز B[7](PKB)

نقش بسیار مهمی در ناشی از افزایش سنتز پروتئین در سطح عضله اسکلتی دارد (۱۶). در کنار تاثیر مثبت و افزایشی تمرین مقاومتی با انسداد جریان خون بر پاسخ محور GH/IGF-I، در برخی مطالعات حتی پس از ۳ هفته استفاده از این روش افزایش پاسخ تستوسترون گزارش شده است (۳۶) که این مسئله به هم‌افزایی و تقویت پاسخ هایپرتروفیک منجر می‌شود. این محققان ابراز داشتند که افزایش پاسخ محور GH/IGF-I و افزایش غلظت کاتکولامین‌ها (به ویژه نوراپی نفرین) خود باعث تحیک ترشح تستوسترون و افزایش پاسخ آن می‌شود (۷). به علاوه، حسنی و همکاران (۲۰۱۷) به مقایسه پاسخ های هورمونی مردان جوان بدنساز متعاقب یک جلسه فعالیت ورزشی مقاومتی با و بدون محدویت جریان خون پرداختند و با وجود اجرای پروتکل با محدودیت جریان خون با شدت کمتر نسبت به روش بدون BFR (۲۵ درصد در برابر ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه) افزایش مشابهی در تستوسترون و GH را گزارش کردند (۳۷). از همین رو پاسخ های هورمونی رشدی که با فشار مکانیکی پایین تر و مقدار وزنه جا به جا شده کمتر در حین فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون ایجاد می گردند به دلیل اینکه تقریبا برابر (و یا در برخی هورمون‌ها بیشتر) از پاسخ های هورمونی رشدی متعاقب فعالیت مقاومتی بدون محدودیت

[1] Patterson
[2] Larkin
[3] Shimizu
[4] Godfrey
[5] Weltman
[6] Phosphoinositide 3-kinase
[7] Protein kinase B

جریان خون (۸۵-۷۰ درصد یک تکرار بیشینه) می باشند بسیار حائز اهمیت هستند؛ به این دلیل که با کار کمتر پاسخ آنابولیکی بیشتری به دست می‌آید (۲).

با این حال، یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج تاناکو[1] و همکاران (۳۴(۲۹)، پولینن[2] و همکاران (۳۸) و شلمزاری و همکاران (۳۳) همسو نبود. به عنوان مثال، تیلور[3] و همکاران (۲۰۱۶) و باسره[4] و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که یک جلسه فعالیت مقاومتی کاتسو تأثیر معنی‌داری بر مقادیر سرمی GH نداشته است (۱۴, ۱۷).

دلایل این تفاوت به عوامل متعدد موثر بر ترشح این هورمون از جمله سطح تمرین، ترکیب بدنی، جنسیت و سن آزمودنی‌ها نسبت داده می‌شود. سیلوا و لینگل نیز دلایل کاهش GH در برخی مطالعات را پیروی کردن سنتز GH از یک بازخورد منفی بیان کردند، بدین ترتیب که افزایش GH باعث کاهش تحریک سنتز خود هورمون و یا باعث کاهش اثر متقابل با گیرنده‌ها در بافت‌های مختلف بدن می‌گردد (۳۹). به عنوان مثال، در مطالعه شلمزاری و همکاران (۲۰۲۰) محدودیت جریان خون در تمرینات فوتسال و روی مردان جوان مورد ارزیابی قرار گرفت که ممکن است عدم مشاهده تاثیر معنی‌دار روی عوامل آنابولیکی نظیر IGF-I ناشی اثر سقف به دست آمده در این گروه سنی و متفاوت بودن عضلات درگیر در فعالیت و همچنین نوع تمرین (هوازی در مقایسه با مقاومتی در مطالعه حاضر) باشد(۳۳).

همچنین، گزارش شده است که در ۱۰ هفته تمرین مقاومتی (۲ جلسه در هفته) انجام شده با BFR افزایش غلظت عوامل هورمونی آنابولیک و غلظت لاکتات (ناشی از افزایش هیپوکسی موضعی درون عضلانی) ممکن است مساوی یا حتی بیشتر از افزایش آنها در پاسخ به انجام حرکات ورزشی مقاومتی با شدت بالا باشد (۴۰)، در برخی از این مطالعات که روی افراد میانسال و مسن انجام شده است محققان استدلال کرده‌اند که انجام دوره ای از تمرینات مقاومتی با شدت پایین همراه با محدودیت جریان خون ممکن است روش کارآمدی برای جلوگیری از کاهش پاسخ ورزشی و غلظت عوامل هورمونی آنابولیک ناشی از افزایش سن باشد (۴۱). با این حال، در برخی از مطالعات مشخص نشده است که آیا دوره تمرینی مقاومتی با شدت پایین همراه با محدودیت جریان خون قادر به افزایش عوامل هورمونی آنابولیک در افراد میانسالی است که با یک مقاومت سوخت و سازی ناشی از افزایش سن مواجه هستند می‌باشد یا نه (۱). همچنین، محققان معتقدند با وجود آنکه شدت در تمرینات BFR پایین‌تر از تمرینات مقاومتی سنتی است اما بستن کاف و ایجاد یک محیط هیپوکسی و افزایش تولید لاکتات به صورت موضعی موجب می‌شود تا با افزایش فشار فیزیولوژیک ترشح کورتیزول به عنوان یک عامل هورمونی استرس افزایش پیدا کند (۳۷).

به طور کلی، بر اساس نتایج مطالعه حاضر می‌توان نتیجه‌گیری کرد که به نظر می‌رسد احتمالاً در افرادی میانسالی که دارای سابقه تمرین مقاومتی هستند استفاده از تمرین مقاومتی با انسداد جریان خون به جای تمرینات مقاومتی سنتی ممکن است به نتایج و سازگاری‌های منجر نشود با این حال با توجه به آثار منفی ناشی از سن بر بسیاری از عملکردهای جسمانی و فیزیولوژیک و به دلیل پایین بودن شدت تمرینات به کارگیری تمرینات BFR برای این گروه سنی دارای قابلیت اجرایی بالاتری است. همچنین، در نهایت باید خاطر نشان شود که از جمله محدودیت‌های مطالعه حاضر می‌توان به عدم اندازه‌گیری طولانی مدت عوامل هورمونی آنابولیک اشاره کرد تا مشخص شود که آیا این نوع تمرینات به پیامد سلامتی یا عملکردی کاربردی (مانند بهبود طولانی مدت قدرت، سطح سلامتی همه جانبه، سایر جنبه‌های سلامتی نظیر نیمرخ لیپیدی یا خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی) در زندگی شخص تمرین کرده منجر می‌شود یا خیر. همچنین، اندازه‌گیری شاخص‌های مرتبط به مسیرهای پیام‌رسانی سنتز پروتئین‌ها می‌تواند به درک بهتر نحوه اثرگذاری این نوع تمرینات کمک کند.

تقدیر و تشکر

از تمام افرادی که در این تحقیق همکاری کرده‌اند، تقدیر و تشکر به عمل می‌آید. همچنین، این مطالعه مستخرج از رساله دکتری دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تبریز می‌باشد.

تضاد منافع

مؤلفان اظهار می‌دارند که منافع متقابلی از تالیف و یا انتشار این مقاله ندارند.

Reference

1. Walker S, Santolamazza F, Kraemer W, Häkkinen K. Effects of prolonged hypertrophic resistance training on acute endocrine responses in young and older men. Journal of aging and physical activity. 2015;23(2):230-6.
2. Hoffman J. Physiological aspects of sport training and performance: Human Kinetics; 2014.
3. Rosa C, Vilaça-Alves J, Fernandes HM, Saavedra FJ, Pinto RS, dos Reis VM. Order effects of combined strength and endurance training on testosterone, cortisol, growth hormone, and IGF-1 binding protein 3 in concurrently trained men. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2015;29(1):74-9.
4. Burd NA, Tang JE, Moore DR, Phillips SM. Exercise training and protein metabolism: influences of contraction, protein intake, and sex-based differences .Journal of applied physiology. 2009;106(5):1692-1701.
5. Cadore EL, Lhullier FLR, Brentano MA, da Silva EM, Ambrosini MB, Spinelli R, et al. Hormonal responses to resistance exercise in long-term trained and untrained middle-aged men. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2008;22(5):1617-1624.

[1] Takano
[2] Pullinen
[3] Taylor
[4] Basereh

Copyright ©The authors
Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

6. Ahtiainen JP, Pakarinen A, Alen M, Kraemer WJ, Häkkinen K. Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. European journal of applied physiology. 2003;89(6):555-563.
7. Paunksnis MR, Evangelista AL, La Scala Teixeira CV, Alegretti João G, Pitta RM, Alonso AC, et al. Metabolic and hormonal responses to different resistance training systems in elderly men. The Aging Male. 2018;21(2):106-110.
8. Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, Fleck SJ, Pina FL, Nascimento MA, Cyrino ES. Effects of traditional and pyramidal resistance training systems on muscular strength, muscle mass, and hormonal responses in older women: a randomized crossover trial. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2017;31(7):1888-1896.
9. Hall JE. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology E-Book: Elsevier Health Sciences; 2015.
10. Hayes LD, Herbert P, Sculthorpe NF, Grace FM. Exercise training improves free testosterone in lifelong sedentary aging men. Endocrine connections. 2017;6(5):306-310.
11. Mangine GT, Hoffman JR, Gonzalez AM, Townsend JR, Wells AJ, Jajtner AR, et al. Exercise-Induced Hormone Elevations Are Related to Muscle Growth. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2017;31(1):45-53.
12. Smilios I, Pilianidis T, Karamouzis M, Tokmakidis SP. Hormonal responses after various resistance exercise protocols. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2003;35(4):644-654.
13. Wernbom M, Augustsson J, Raastad T. Ischemic strength training: a low-load alternative to heavy resistance exercise? Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2008;18(4):401-416.
14. Taylor CW, Ingham SA, Ferguson RA. Acute and chronic effect of sprint interval training combined with postexercise blood-flow restriction in trained individuals. Exp Physiol. 2016;101(1):143-154.
15. Shimizu R, Hotta K, Yamamoto S, Matsumoto T, Kamiya K, Kato M, et al. Low-intensity resistance training with blood flow restriction improves vascular endothelial function and peripheral blood circulation in healthy elderly people. Eur J Appl Physiol. 2016;116(4):749-757.
16. Neto GR, Novaes JS, Dias I, Brown A, Vianna J, Cirilo-Sousa MS. Effects of resistance training with blood flow restriction on haemodynamics: a systematic review. Clin Physiol Funct Imaging. 2016.
17. Neto GR, Novaes JS, Dias I, Brown A, Vianna J, Cirilo-Sousa MS. Effects of resistance training with blood flow restriction on haemodynamics: a systematic review. Clinical physiology and functional imaging. 2017;37(6):567-574.
18. Craig CL, Marshall AL, Sjöström M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. Medicine & science in sports & exercise. 2003;35(8):1381-1395.
19. Ramis TR, da Silva Medeiros N, de Lemos Muller CH, Boeno F, Silveira D, Souza LG, et al. Effects of Acute Exercise with Blood Flow Restriction on Oxidative Stress Biomarkers. International Journal of Sports Science. 2017;7(5):191-195.
20. Manini TM, Yarrow JF ,Buford TW, Clark BC, Conover CF, Borst SE. Growth hormone responses to acute resistance exercise with vascular restriction in young and old men. Growth Hormone & IGF Research. 2012;22(5):167-172.
21. Jessee MB, Buckner SL, Dankel SJ, Counts BR, Abe T, Loenneke JP. The Influence of Cuff Width, Sex, and Race on Arterial Occlusion: Implications for Blood Flow Restriction Research. Sports Med. 2016;46(6):913-921.
22. Hunt JE, Stodart C, Ferguson RA. The influence of participant characteristics on the relationship between cuff pressure and level of blood flow restriction. Eur J Appl Physiol. 2016;116(7):1421-1432.
23. Kim E, Gregg LD, Kim L, Sherk VD, Bemben MG, Bemben DA. Hormone responses to an acute bout of low intensity blood flow restricted resistance exercise in college-aged females. Journal of sports science & medicine. 2014;13(1):p91.
24. Bidlingmaier M, Friedrich N, Emeny RT, Spranger J, Wolthers OD, Roswall J, et al. Reference intervals for insulin-like growth factor-1 (IGF-I) from birth to senescence: results from a multicenter study using a new automated chemiluminescence IGF-I immunoassay conforming to recent international recommendations. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 2014;99(5):1712-1721.
25. 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. Eur J Appl Physiol. 2013;113(3): 713-719.
26. Larkin KA, Macneil RG, Dirain M, Sandesara B, Manini TM, Buford TW. Blood flow restriction enhances post-resistance exercise angiogenic gene expression. Med Sci Sports Exerc. 2012;44(11):2077-2083.
27. Hwang PS, Willoughby DS. Mechanisms Behind Blood Flow–Restricted Training and its Effect Toward Muscle Growth. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2019;33:S167-S179.
28. Kim E, Gregg LD, Kim L, Sherk VD, Bemben MG, Bemben DA. Hormone responses to an acute bout of low intensity blood flow restricted resistance exercise in college-aged females. J Sports Sci Med. 2014;13(1):91-96.
29. Takano H, Morita T, Iida H, Asada K-i, Kato M, Uno K, et al. Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. European journal of applied physiology. 2005;95(1):65-73.
30. Godfrey RJ, Madgwick Z, Whyte GP. The exercise-induced growth hormone response in athletes. Sports Medicine. 2003;33(8):599-613.
31. Weltman A, Weltman JY, Womack CJ, Davis SE, Blumer JL, Gaesser GA, et al. Exercise training decreases the growth hormone (GH) response to acute constant-load exercise. Medicine and science in sports and exercise. 1997;29(5):669-676.
32. Goto K, Ishii N, Kizuka T, Takamatsu K. The impact of metabolic stress on hormonal responses and muscular adaptations. Medicine and science in sports and exercise. 2005;37(6):955-963.
33. Amani-Shalamzari S, Sarikhani A, Paton C, Rajabi H, Bayati M, Nikolaidis PT, et al. Occlusion Training During Specific Futsal Training Improves Aspects of Physiological and Physical Performance. Journal of Sports Science and Medicine. 2020;19(2):374-382.

Copyright ©The authors
Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

34. Bunt J, Boileau R, Bahr J, Nelson R. Sex and training differences in human growth hormone levels during prolonged exercise. Journal of Applied Physiology. 1986;61(5):1796-1801.
35. Kjaer M, Bangsbo J, Lortie G, Galbo H. Hormonal response to exercise in humans: influence of hypoxia and physical training. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 1988;254(2):R197-R203.
36. Cook CJ, Kilduff LP, Beaven CM. Improving strength and power in trained athletes with 3 weeks of occlusion training. International journal of sports physiology and performance. 2014;9(1):166-172.
37. Karimi M, Sharifian M. Comparison of the effect of resistance training with blood flow restriction and traditional method on hormonal responses in young male bodybuilders. Asian Exercise and Sport Science Journal. 2017;1(1):44-55.
38. Pullinen T, Mero A, Huttunen P, Pakarinen A, Komi PV. Resistance exercise-induced hormonal responses in men, women, and pubescent boys. Medicine and science in sports and exercise. 2002;34(5):806-813.
39. Silva SR, Lengyel AM. Influência dos glicocorticóides sobre o eixo somatotrófico. Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia. 2003 Aug;47(4):388-397.
40. Madarame H, Neya M, Ochi E ,Nakazato K, Sato Y, Ishii N. Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2008;40(2):258-263.
41. Madarame H, Sasaki K, Ishii N. Endocrine responses to upper-and lower-limb resistance exercises with blood flow restriction. Acta Physiologica Hungarica. 2010;97(2):192-200.

Copyright ©The authors Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University