مطالعات کاربردی
علوم زیستی در ورزش

بررسی سازگاری هورمون‌های تستوسترون و رشد با هشت هفته تمرینات مقاومتی برونگرا با و بدون محدودیت جریان خون

علی مصطفی‌لو[1]، سیدعلیرضا حسینی‌کاخک[2*]، امیر حسین حقیقی[3]

1. دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری. استادیار گروه تربیت بدنی، واحد گنبدکاووس، دانشگاه آزاد اسلامی، گنبدکاووس، ایران.
2. استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
3. استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: اهمیت هورمون‌ها به دلیل نقش‌های متابولیکی آن‌ها می‌باشد. فعالیت‌های ورزشی برخی از هورمون‌های آنابولیک و کاتابولیک را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند. از این رو، هدف از مطالعه حاضر بررسی سازگاری هورمون‌های تستوسترون و رشد در پاسخ به هشت هفته تمرین‌های مقاومتی برونگرا با و بدون محدودیت جریان خون بود. **روش تحقیق:** در این مطالعه 40 فوتبالیست در یک طرح تحقیق نیمه تجربی شرکت کردند. آزمودنی‌ها به طور تصادفی به چهار گروه تمرین مقاومتی برونگرا با محدودیت جریان خون (n=10)، تمرین مقاومتی برونگرا بدون محدودیت جریان خون (n=10)، تمرین مقاومتی سنتی (n=10) و کنترل (n=10) تقسیم شدند. جهت ارزیابی قدرت عضلات بالاتنه و قدرت عضلات پا به ترتیب از آزمون‌های پرس سینه و پرس پا استفاده شد و همچنین قبل و پس از یک دوره تمرین هشت هفته‌ای نمونه‌گیری‌های خونی با هدف تعیین غلظت هورمون‌های رشد و تستوسترون گرفته شد. از روش تجزیه و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی به منظور مقایسه بین گروه‌ها استفاده گردید ($p<0/05$). **یافته‌ها:** نتایج مطالعه نشان داد که گروه‌های تمرین برونگرا با محدودیت جریان خون و تمرین سنتی در مقایسه با گروه کنترل در آزمون قدرت بالاتنه افزایش معنی‌دار داشت ($p<0/001$). همچنین نتایج نشان داد که هیچ کدام از برنامه‌های تمرینی تاثیر معنی‌داری بر قدرت عضلات پا در بین گروه‌ها، سطوح سرمی هورمون تستوسترون ($p=0/27$) و هورمون رشد ($p=0/88$) ندارد. **نتیجه‌گیری:** به طور کلی می‌توان بیان کرد، بین سه روش تمرینی در بهبود اثرات ناشی از تمرین مقاومتی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، لذا هشت هفته تمرین برونگرا با و بدون محدودیت جریان خون و تمرین سنتی علی‌رغم عدم تاثیر بر سازگاری هورمونی‌های رشد و تستوسترون باعث تغییرات مطلوبی در شاخص قدرت فوتبالیست‌های مرد شد.

واژه‌های کلیدی: تمرینات مقاومتی برونگرا، هورمون تستوسترون، هورمون رشد، محدودیت جریان خون.

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

***نویسنده مسئول، آدرس: خراسان رضوی، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد.، گروه فیزیولوژی ورزشی؛**
پست الکترونیک: hosseinik@um.ac.ir

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

Testosterone and growth hormones adaptation with eight-week eccentric resistance training with and without blood flow restriction

Ali Mostafaloo, Seyed Alireza Hosseini Kakhak, Amir Hossein Haghighi

1. Ph.D. in Exercise Physiology, Hakim Sabzevari University; Assistant Professor in Exercise Physiology, Gonbad Kavoos Branch, Islamic Azad University, Gonbad kavoos, Iran.
2. Professor of Exercise Physiology Department, Faculty of Sports Sciences. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
3. Professor of Exercise Physiology Department, Faculty of Sports Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.

Abstract

Background and Aim: The importance of hormones is due to their metabolic roles. Sports activities influence some anabolic and catabolic hormones. Therefore, the present study aimed to investigate the study adaptability of testosterone and growth hormones in response to eight weeks of eccentric resistance training with and without blood flow restriction. **Materials and Method:** In this study, 40 soccer players participated in a semi-experimental research design. Subjects in the present study were randomly divided into four groups: eccentric resistance training with BFR (n=10), eccentric resistance training without BFR (n=10), traditional resistance training (n=10) and control (n=10). To assess the strength of the upper body muscles and leg muscle strength were used from bench press and leg press tests, also, before and after an eight-week training period, blood samples were taken to determine the concentration of testosterone and growth hormones. A one-way repeated-measures and Bonferroni post hoc test was used to compare the groups ($P \leq 0.05$). **Results:** The results indicated that the experimental groups of eccentric training with a blood flow restriction and traditional training compared with the control group had a significant increase in upper strength test (p<0/001). Also, there was no significant difference in the strength of the leg muscles between the groups. Therefore, the results of the study showed that none of the training programs had a meaningful effect on serum testosterone level (p=0.27), and growth hormones (p=0.88). **Conclusion:** In general, it can be said that there was no significant difference among the three training methods in improving the effects of resistance training. Therefore, despite the fact that eight weeks of eccentric training didn't affect the compatibility of testosterone and growth hormones, it probably caused favorable changes in the strength of male football players.

Keywords: Eccentric resistance training, Testosterone hormone, Growth hormone, Blood flow restriction.

***Corresponding Author, Addres: Khorasan Razavi, Mashhad, University of Ferdowsi Mashhad.**
Email: hosseinik@um.ac.ir

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

مقدمه

ورزش فوتبال به نیازهای فیزیولوژیکی گوناگونی از قبیل قدرت، استقامت، چابکی و غیره وابسته است. قدرت یکی از عوامل مهم آمادگی جسمانی بوده و تمرین‌های مقاومتی از شاخص‌های بسیار مهم برای موفقیت فوتبالیست‌ها به شمار می‌رود (ساز د ولاریال[1] و دیگران، 2015). تمرین مقاومتی به منظور جلوگیری از تحلیل توده عضله و قدرت توسط اکثر مطالعات پیشنهاد شده است (یاسودا[2] و دیگران، 2016؛ لاو[3] و دیگران، 2016؛ پارک[4] و دیگران، 2015؛ بورد[5] و دیگران، 2015؛ کروز[6] و دیگران، 2014؛ وچین[7] و دیگران، 2014). به‌طور کلی تمرین مقاومتی، ترکیبی از فعالیت‌های عضلانی هم‌طول، درونگرا و برونگرا است (پپ[8] و دیگران، 2015). تحقیقات نشان داده‌اند که هر دو نوع فعالیت درونگرا و برونگرا باعث ایجاد تحریکات عصبی–عضلانی جداگانه‌ای شده که این تحریکات موجب پاسخ‌های سازگاری پس از فعالیت می‌شوند (لیکسندرو[9] و دیگران، 2015؛ شونفلد[10] و دیگران، 2017). بین تمرینات مقاومتی درونگرا و برونگرا، تفاوت‌های زیادی وجود دارد. اما، از مهم‌ترین تفاوت‌های که به آن می‌توان اشاره کرد کاهش هزینه سوخت و ساز و فعال‌سازی پایین‌تر عضلانی در فعالیت‌های برونگرا نسبت به فعالیت‌های درونگرا است (پپ و دیگران، 2015). تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون نیز نوعی دیگری از تمرینات مقاومتی که در سال‌های اخیر به آن پرداخته شده است که با بستن بخش نزدیک به تنه[11] عضو توسط کاف و یا باند الاستیکی در هر دو اندام فوقانی و تحتانی انجام می‌شود، اما در اندام تحتانی به دلیل گروه‌های عضلانی بزرگ‌تر موثرتر است (ناکاجیما[12] و دیگران، 2006). محدودیت جریان خون در تمرین‌های مقاومتی، می‌تواند قدرت و هایپرتروفی را به میزان چشمگیری افزایش دهد (یاسودا[13] و دیگران، 2016). کراتین فسفوکیناز (CPK)[14] و لیپید پراکساید (LP)[15] که از نشانگرهای آسیب‌های عضلانی هستند در تمرین‌های مقاومتی با محدودیت جریان خون به طور قابل توجهی افزایش نمی‌یابند (تاکارادا[16] و دیگران، 2000). فعالیت‌های مقاومتی در شرایط هایپوکسی تجمع متابولیک‌ها مانند لاکتات و یون هیدروژن را زیاد می‌کند (امیری و دیگران، 2018) و همچنین تا حدودی موجب افزایش ترشح هورمون‌ها می‌شوند (باسره و دیگران، 2017). هورمون‌ها به دلیل نقش‌های متابولیکی که دارند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. برخی از هورمون‌های آنابولیک، تحت تأثیر فعالیت‌های ورزشی قرار می‌گیرند. هورمون‌های رشد و تستوسترون خاصیت آنابولیکی دارند. هورمون رشد باعث تحریک مستقیم سنتز پروتئین می شود و هورمون تستوسترون نیز در افزایش پروتئین بافت‌های بدن به‌ویژه عضلات نقش دارد (امیری و دیگران، 2018؛ اسمیلوس[17] و دیگران، 2003). تمرین‌های مقاومتی با تغییر در غلظت هورمون‌ها و از طریق سازگاری افزایش غلظت در طولانی مدت تأثیرات خود را بر توده عضلانی بر جای می‌گذارد (خواجه‌لندی و دیگران، 2018؛ ایشی[18] و دیگران، 2005). با توجه به مطالعات انجام شده در خصوص برنامه تمرینی مختلف تمرینات مقاومتی سنتی با شدت بالا، پایین و تمرینات برونگرا، مطالعات اندکی اثرات تمرینات مقاومتی با تأکید بر بخش برونگرا با محدودیت جریان خون را بررسی کرده‌اند (یاسودا و دیگران، 2012؛ پوپ و ویلاردسون، 2015؛ مصطفی‌لو و دیگران، 2020). به

1. Saez de Villarreal
2. Yasuda
3. Law
4. Park
5. Borde
6. Cruze
7. Vechin
8. Pope
9. Lixandrao
10. Schoenfeld
11. Proximal
12. Nakajima
13. Yasuda
14. Creatine Phospho Kinase
15. Lipid Peroxide
16. Takarada
17. Smilios
18. Ishii

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

عنوان مثال می‌توان به مطالعه یاسودا و دیگران (2012) که اثرات حاد و مزمن تمرین درونگرا و تمرین برونگرا همراه با محدودیت جریان خون با شدت کم را بر اندازه و قدرت عضله مورد مطالعه قرار داده‌اند اشاره کرد. نتایج آن‌ها نشان داد که سطح مقطع عضله و همین‌طور حجم عضله در محدودیت جریان خون درونگرا نسبت به محدودیت جریان خون برونگرا، با افزایش همراه بود (یاسودا و دیگران، 2012). مصطفی‌لو و دیگران (2020) نیز در مطالعه‌ای اثر تمرین برونگرا با محدودیت جریان خون بر حجم عضله و عملکرد فوتبالیست‌ها را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها گزارش کردند که برنامه تمرین مقاومتی برونگرا با و بدون محدودیت جریان خون و سنتی اثری مشابه‌ای بر قدرت، استقامت و هایپرتروفی عضلانی در فوتبالیست‌ها داشتند (مصطفی‌لو و دیگران، 2020). هم‌چنین در مطالعه دیگری پپ و دیگران (2015) گزارش کردند چهار هفته تمرین مقاومتی برونگرا با و بدون محدودیت جریان خون باعث افزایش قدرت و سطح مقطع عضله و تمرین با محدودیت جریان خون فقط باعث کاهش حجم تمرین شد و باعث سازگاری‌های بیشتری نسبت به تمرین بدون محدودیت جریان خون نشد (پپ و دیگران، 2015). مربیان و ورزشکاران اغلب به دنبال شیوه‌های جدید برای بهبود عملکرد شاخص‌های آمادگی جسمانی هستند. یکی از روش‌های تمرینی که می‌توان به عنوان جایگزین به آن اشاره کرد تمرینات برونگرا با شدت پایین همراه با محدودیت جریان خون می‌باشد (یاسودا و دیگران، 2012). برخی شواهد بیان می‌کنند که تمرینات با محدودیت جریان خون بدون نیاز به سر حد خستگی، به‌طور معنی‌داری توده و قدرت عضلانی را افزایش می‌دهد (یاسودا و دیگران، 2012؛ تاکارادا[1] و دیگران؛ 2000). هم‌چنین دوره‌های زیاد تمرین مقاومتی سنتی تا سر حد خستگی می‌تواند شاخص‌های بیش‌تمرینی را افزایش دهد، بنابراین یک راه برون‌رفت از این مسئله این است که در تمام جلسات تمرینی نباید از این برنامه تمرینی استفاده شود. در مجموع به نظر می‌رسد افرادی که به‌تازگی تمرینات با محدودیت جریان خون را شروع می‌کنند باید از تمرینات منظم استفاده کنند و همان‌طور که افراد به‌تدریج با تحریک تمرینی سازگار می‌شوند، اضافه بار پیشرونده باید اعمال شود تا در نهایت به برنامه تمرینی استاندارد دست یابند (اسکات[2] و دیگران، 2014). بنابراین با توجه به تأثیرات عمده‌ای که تمرینات مقاومتی مذکور می‌تواند بر ساختار اسکلتی و فعالیت‌های عصبی - عضلانی و به‌ویژه بر سیستم جریان خون ورزشکاران داشته باشند و هم‌چنین جهت کمک و سلامتی و افزایش موفقیت ورزشکاران در فعالیت‌های مختلف بدنی و ورزشی، اهمیت و ضرورت اجرای چنین پژوهش‌هایی آشکار می‌شود. لذا هدف پژوهش حاضر بررسی سازگاری هورمون‌های تستوسترون و رشد در پاسخ به هشت هفته تمرین‌های مقاومتی برونگرا با و بدون محدودیت جریان خون می‌باشد.

روش تحقیق

این پژوهش از نوع نیمه‌تجربی و به شکل میدانی بود. جامعه آماری پژوهش حاضر را کلیه فوتبالیست‌های شهرستان مینودشت تشکیل دادند که پس از دعوت به همکاری 40 بازیکن فوتبال به صورت هدفمند و در دسترس انتخاب شدند. ملاک‌های ورود آزمودنی‌ها به پژوهش عبارت بودند از: عضو یکی از تیم‌های لیگ یک و در محدوده سنی 20 تا 25 سال باشند، در یک برنامه منظم ورزشی (سه روز در هفته) شرکت داشتند و سابقه حداقل یک سال کار با وزنه و تمرینات مقاومتی را دارا بودند. ضمناً آزمودنی‌هایی که هرگونه بیماری و یا هرگونه مصرف دارو و مصرف دخانیات داشتند از پژوهش خروج شدند. سپس آزمودنی‌ها به صورت تصادفی در چهار گروه تمرین مقاومتی برونگرا با محدودیت جریان خون (n=10)، تمرین مقاومتی برونگرا بدون محدودیت جریان خون (n=10)، تمرین مقاومتی سنتی (n=10) و کنترل (n=10) تقسیم شدند. طرح تحقیق توسط کمیته اخلاق دانشکده علوم پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علی‌آبادکتول (IR.IAU.AK.REC.1396.5) تایید شد.

روش جمع‌آوری اطلاعات: آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه، اطلاعات فردی و سوابق پزشکی را پر کردند و طی یک جلسه توجیهی در سالن بدنسازی، با برنامه‌های تمرینی و طرح پژوهش آشنا شدند. اندازه‌های تن‌سنجی[3] شامل وزن با استفاده از ترازوی دیجیتالی و قد به وسیله قدسنج دیواری انجام گرفت.

1. Takarada
2. Scott
3. Anthropometric

پروتکل تحقیق: ابتدا نحوه انجام برنامه تمرینی به دقت توسط محقق به آزمودنی‌ها آموزش داده شد. سپس برای برآورد قدرت عضلانی بالاتنه از آزمون پرس سینه و برای قدرت عضلات پا از آزمون پرس پا به روش یک تکرار بیشینه استفاده شد (کلودیو[1] و دیگران، 2013). در ابتدای هر جلسه تمرینی، آزمودنی‌های گروه تجربی، گرم کردن عمومی شامل دویدن آهسته، نرمش و تمرینات با وزنه سبک را انجام دادند. سپس هر گروه برنامه تمرینی خود را اجرا کردند. بدنه اصلی تمرین شامل حرکات بالاتنه (پرس سینه، پرس سرشانه و کشش جانبی از پهلو[2]) و پایین‌تنه (باز کردن و خم کردن زانو) بود. طول دوره تمرینی پژوهش حاضر هشت هفته و هر هفته سه جلسه بود. از طرفی برای سنجش سطح پلاسمایی هورمون‌های تستوسترون و رشد، نمونه خون ناشتایی قبل و بعد از برنامه تمرینی گرفته شد. شاخص‌های برنامه‌ی تمرین مقاومتی در جدول 1 ارائه گردیده است.

جدول 1. برنامه تمرینات مقاومتی برونگرا (با و بدون محدودیت جریان خون) و تمرینات مقاومتی سنتی

شاخص‌های برنامه‌ی تمرین مقاومتی	تمرین مقاومتی سنتی	تمرین مقاومتی برونگرا با محدودیت جریان خون	تمرین مقاومتی برونگرا بدون محدودیت جریان خون
شدت تمرین	70 تا 80 درصد 1RM	30 تا 40 درصد 1RM	70 تا 80 درصد 1RM
تعداد هفته	8	8	8
تعداد ست‌ها	4	4	4
تعداد تکرارها	8-6	8-6	8-6
ریتم اجرای حرکت (درونگرا: مکث: برونگرا) (ثانیه)	1:1:1	1:1:5	1:1:5
تعداد ایستگاه‌ها	5	5	5
فاصله‌ی استراحت بین ست‌ها (ثانیه)	60	60	60
فاصله‌ی استراحت بین ایستگاه‌ها (ثانیه)	90	90	90

روش اجرای تمرینات مقاومتی برونگرا: جهت اجرای تمرینات مقاومتی برونگرا آزمودنی‌ها وزنه‌ای که بین شش تا هشت تکرار می‌توانستند جابجا کند را انتخاب نمودند. آزمودنی‌ها حرکت مورد نظر شامل خم کردن ران را در بخش درونگرا با سرعت دلخواه (یک ثانیه) و خلاف جاذبه زمین جابجا نموده و حرکت باز کردن ران را در بخش برونگرا در مدت پنج ثانیه موافق جاذبه زمین انجام دادند (برد[3] و دیگران، 2005). شدت تمرین این‌گونه کنترل شد که آزمودنی وزنه‌ای را انتخاب کرد که حداقل شش بار و حداکثر هشت بار بدون کمک جابجا کرد. هر وقت تعداد تکرارها به بیشتر از هشت افزایش یافت، مقدار وزنه 5 تا 10 درصد افزایش یافت تا تعداد تکرارها در دامنه مورد نظر حفظ گردد. به این ترتیب اصل اضافه بار نیز رعایت شد (برد و دیگران، 2005؛ پپ و ویلاردسون، 2015).

روش اعمال محدودیت جریان خون: در پژوهش حاضر به منظور ایجاد محدودیت جریان خون از کش‌های الاستیکی کاربردی (عرض هفت سانتی‌متر برای پایین‌تنه و عرض پنج سانتی‌متر برای بالاتنه) استفاده گردید. جهت تعیین میزان اعمال نیرو کش‌های الاستیکی، کش‌ها با کشش‌های مختلف به دو ران بسته شده و جریان خون شریان با دستگاه اولتراسونوگرافی (مدل GE-Logic E9; USA-2012) اندازه‌گیری شد. با چند بار آزمون و خطا طول مناسب کش و میزان مناسب کشش با توجه به حجم ران و بازو آزمودنی‌ها به دست آمد. همچنین جهت اطمینان بیشتر برای ایجاد محدودیت جریان خون سرخرگی، و مسدود شدن جریان خون وریدی، میزان فشار احساس شده بر اساس مقیاس بورگ 1 تا 10 امتیازی از آزمودنی‌ها پرسیده شد و امتیاز هفت به عنوان معیار محدودیت جریان خون سرخرگی در نظر گرفته شد (برد و دیگران، 2005، ویلسون[4] و دیگران، 2013). در حرکات خم کردن و باز کردن آرنج، بخش نزدیک به تنه بازو و در حرکات خم کردن و باز

1. Claudio
2. Lateral pull down
3. Bird
4. Wilson

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

کردن زانو، بخش نزدیک به تنه ران توسط کش بسته شد. محدودیت اعمال شده در هنگام استراحت بین ست‌ها حفظ شد و فقط بین حرکات برداشته شد (حسینی کاخک و دیگران، 2011).

روش اندازه‌گیری متغیرها: جهت اندازه‌گیری یک تکرار بیشینه، ابتدا آزمودنی وزنه‌ای حدود 40 تا 60 درصد یک تکرار بیشینه به طور تخمینی و با توجه به تمرین‌های جلسه‌های آشنایی انتخاب کرد. زمانی که آزمودنی توانایی انجام چند تکرار را داشت تمرین متوقف و حدود پنج الی 10 درصد به وزنه‌ها اضافه شد، این کار به همین صورت انجام شد تا لحظه‌ای که آزمودنی فقط قادر به انجام یک تکرار شود. در این زمان، میزان وزنه جابجا شده به عنوان رکورد یک تکرار بیشینه آزمودنی ثبت شد (کلودیو و دیگران، 2013).

روش اندازه‌گیری تغییرات غلظت سرمی هورمون‌های تستوسترون و رشد: در این پژوهش تغییرات غلظت سرمی هورمون‌های تستوسترون و رشد به روش الایزا و با استفاده از کیت‌های مخصوص آزمایشگاهی شرکت تسو[1] ساخت کشور ژاپن با درجه حساسیت 0/07 نانو گرم در میلی لیتر اندازه‌گیری شد. نمونه‌گیری خونی در حالت ناشتا قبل و 24 ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین گرفته شد (گوتو[2] و دیگران، 2009). برای هر مرحله خون‌گیری پنج سی‌سی خون از سیاهرگ ساعد دست راست در حالت نشسته و وضعیت استراحت انجام گرفت. سپس از سانتریفیوژ با سرعت 3500 دور در دقیقه و به مدت 10 دقیقه برای جداسازی پلاسما استفاده و پلاسمای حاصل در دمای 80- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید.

روش‌های آماری: از آمار توصیفی (میانگین و انحراف استاندارد) برای توصیف داده‌ها استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش آماری آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد، بدین صورت که اثر زمان، گروه و اثر تعاملی زمان در گروه مورد تحلیل قرار گرفت. کلیه عملیات آماری توسط نرم افزار SPSS نسخه 22 انجام گردید و سطح معنی‌داری آزمون‌ها $p < 0/05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

جدول 2. شاخص‌های آماری مشخصات فردی آزمودنی‌ها

	گروه تمرین مقاومتی سنتی (n=10)	گروه تمرین مقاومتی برونگرا با محدودیت جریان خون (n=10)	گروه تمرین مقاومتی برونگرا بدون محدودیت جریان خون (n=10)	گروه کنترل (n=10)
سن (سال)	23/2±7/8	24/3±2/6	23/3±1/8	24/5±7
قد (سانتی‌متر)	178/7±3	174/2±9/8	171/3±3/1	177/4±3
وزن (کیلوگرم)	71/13±35/5	70/5±6/4	66/9±8/4	29/3±8/6
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع)	22/3±37/0	23/1±16/9	22/3±9/0	24/3±1/1

جدول 3. نتایج آزمون ANOVA در مورد متغیرهای هورمون تستوسترون، هورمون رشد و قدرت عضلات؛ (اثر زمان، اثر گروه و اثر زمان در گروه)

متغیرها		قدرت عضلانی		هورمون تستوسترون	هورمون رشد
		پرس سینه	پرس پا		
تمرین مقاومتی سنتی	قبل از تمرین	62/1±10/20	202/5±00/30	15/1±70/30	0/0±11/08
	بعد از تمرین	70/9±12/91	241/5±51/40	16/1±30/80	0/0±18/30
	درصد تغییرات	14/35†	19/55#	3/68	38/89
	قبل از تمرین	56/12±40/01	171/5±23/50	15/1±80/20	0/0±12/08
	بعد از تمرین	62/9±13/80	209/5±28/10	17/1±20/10	0/0±16/17

1. Tosoh
2. Goto

تمرین مقاومتی برونگرا با محدودیت جریان خون	درصد تغییرات	12/35†	22/16#	8/14	33/33
تمرین مقاومتی برونگرا بدون محدودیت جریان خون	قبل از تمرین	70/15±20/02	217/71±00/00	15/2±40/10	0/0±17/10
	بعد از تمرین	76/15±10/00	242/5±67/50	16/1±80/60	0/0±20/10
	درصد تغییرات	8/57	11/75#	8/33	15/00
کنترل	قبل از تمرین	66/11±00/80	195/48±10/00	14/1±80/80	0/0±07/01
	بعد از تمرین	68/1±10/9	202/5±49/10	14/2±90/01	0/0±08/02
	درصد تغییرات	3/18†	3/85	0/68	14/29
زمان (مقدار F و درجه آزادی)		p≤0/001 (F=339/50 ,1/35)	p= 0/245 (F=1/39 ,1/35)	p= 0/61 (F=0/26 ,1/35)	p≤0/001* (F=14/95 ,1/35)
گروه (مقدار F و درجه آزادی)		p≤0/001 (F=228/80 ,1/35)	p= 0/095 (F=2/28 ,1/35)	p= 0/72 (F=0/44 ,1/35)	p≤0/001* (F=20/22 ,1/35)
زمان * گروه (مقدار F و درجه آزادی)		p≤0/001* (F=13/66 ,1/35)	p≤0/001* (F=13/81 ,1/35)	p= 0/27 (F=1/35 ,1/35)	p= 0/88 (F=0/21 ,1/35)

* سطح معنی‌داری (p<0/05) می‌باشد.
# تغییرات درون گروهی می‌باشد.
† تغییرات بین گروهی می‌باشد.

نتایج تحلیل آماری نشان داد که اثر تعاملی زمان و گروه در آزمون قدرت بالاتنه (پرس سینه) (F=13/66 و p≤0/001) و پایین تنه (پرس پا) (F=13/81 و P≤0/001) معنی‌دار بود. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نیز نشان داد که گروه‌های تمرین برونگرا با محدودیت جریان خون و تمرین سنتی (از قبل به بعد تمرین) در مقایسه با گروه کنترل در آزمون قدرت بالاتنه افزایش معنی‌دار داشته است (p≤0/001) و بین سایر گروه‌های تمرینی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (p=0/53، p=0/21، p=0/36). همچنین نتایج نشان داد که بین گروه‌ها در آزمون قدرت پایین تنه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. اما، تغییرات درون گروهی قدرت عضلات پا در سه گروه تمرینی افزایش معنی‌داری را نشان داد (p≤0/001، p≤0/003، p≤0/001). نتایج تحلیل آماری نشان داد که اثر تعاملی گروه و زمان در مورد هورمون تستوسترون (F=1/35، p=0/27) و هورمون رشد (F=0/21 و p=0/88) معنی‌دار نیست، لذا تفاوت معنی‌داری در هورمون تستوسترون و رشد بین گروه‌ها وجود نداشت (p>0/05).

بحث

نتایج پژوهش حاضر این بود که قدرت عضلات بالاتنه در گروه تمرینات سنتی 14/4 درصد، گروه تمرینات برونگرا با محدودیت جریان خون 12/3 درصد و گروه تمرین برونگرا بدون محدودیت جریان خون 8/5 درصد به طور معنی‌داری نسبت به گروه کنترل افزایش پیدا کرد. همچنین قدرت عضلات پایین‌تنه نیز در گروه‌های تمرینی شامل گروه تمرینات سنتی (19/6 درصد)، گروه تمرین با محدودیت جریان خون (22/2 درصد) و گروه تمرین بدون محدودیت جریان خون (11/8 درصد) به طور معنی‌داری نسبت به گروه کنترل افزایش پیدا کرد. نتایج این پژوهش با نتایج پپ و دیگران (2015) و یاسودا و دیگران (2014) هم‌خوانی ندارد. از دلایل هم‌خوانی نداشتن آن می‌توان به مدت زمان برنامه تمرینی و نوع تمرین پژوهشی اشاره کرد. با توجه به نتایج مشخص گردید که ایجاد محدودیت جریان خون بر افزایش قدرت اثر گذار بوده است. از دلایل اثر گذار بودن می‌توان به مکانیسم‌های زیادی برای سازگاری‌های ناشی از محدودیت جریان خون از جمله افزایش غلظت متابولیت‌ها، افزایش پاسخ‌های هورمونی، سیگنالینگ درون عضلانی، تورم سلولی و فراخوانی تارهای عضلانی اشاره کرد. در همین راستا، از دیدگاه محققان، هنگام تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون، بدنبال تخلیه فسفو کراتین، فسفات درون زا (Pi) و لاکتات افزایش و pH کاهش می‌یابد

ویرایش نشده

(اسکات و دیگران، 2014). انباشتگی مواد متابولیکی مکانیسم اولیه سودمندی در تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون می‌باشد (ریوز[1] و دیگران، 2006). همچنین شواهد نشان داده‌اند که بهبود در قدرت عضلانی بدنبال تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون، ارتباط قابل توجهی به تکثیر و تمایز سلول‌های ماهواره‌ای دارد و تخریب مکانیکی تارهای عضله حین فرآیندهای انقباضی و کششی، مسیرهای سیگنالینگ درون عضلانی (بویژه مسیر mTOR) را مستقل از فاکتورهای رشد و هورمونی تحریک می‌کند (اسکات و دیگران، 2014). تورم سلولی، مکانیسم پیشنهادی دیگری، برای تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون می‌باشد. در این نوع تمرین، متابولیسم بی‌هوازی غالب است. بنابراین محیط هایپوکسی موضعی ایجاد شده، تولید متابولیت‌ها را افزایش می‌دهد و بنابراین یک جریان آب به سمت سلول به منظور متعادل کردن گرادیان اسمزی مورد نیاز است و بیان شده، این تورم سلولی به واسطه آبگیری، سنتز پروتئین و کاهش پروتئولیز را افزایش می‌دهد. هم‌چنین این تورم ممکن است باعث تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای و تسهیل مشارکت‌شان در هایپرتروفی تار عضلانی از طریق افزایش فشار در مقابل غشاء سلولی می‌شود و هم‌چنین این افزایش ناپایدار در حجم سلول عضله، آبشارهای سیگنالینگ آنابولیک مثل mTOR و مسیرهای پروتئین کیناز فعال شده به وسیله میتوژن MAPK را فعال می‌کند (اسکات و دیگران، 2014). پپ و دیگران (2015) گزارش کردند که چهار هفته تمرین مقاومتی برونگرا با و بدون محدودیت جریان خون می‌تواند جایگزینی برای رشد سطح مقطع عضلانی در مردان تمرین کرده باشد. در مطالعه دیگری، یاسودا و دیگران (2014) نیز نشان دادند که انقباض ارادی بیشینه (MVC) [2] از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون با افزایش معنی‌دار همراه بود. همچنین آن‌ها گزارش کردند که گروه تمرین برونگرا با محدودیت جریان خون با گذر زمان هیچ تغییری را نشان نداد. ولی تمرین برونگرا در مقایسه با تمرین درونگرا، با رشد بیشتری در قدرت عضله در ارتباط بود (یاسودا و دیگران، 2012). البته، باید شدت تمرین به اندازه‌ای باشد که نیروی بیشتری را که ظرفیت انقباض برونگرا را به وجود می‌آورد توجیه کند. در حال حاضر، تحقیقات اندکی وجود دارد که تأثیر فعالیت‌های عضلانی برونگرا را با تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون بررسی کرده‌اند (پپ و دیگران، 2015؛ یاسودا و دیگران، 2014). از دلایل دیگر تفاوت بین پژوهش حاضر و پژوهش یاسودا و دیگران (2014) می‌توان به نوع حرکت تمرینی اشاره کرد. در برنامه تمرینی یاسودا و همکاران جهت ارزیابی قدرت از حرکت جلو بازو استفاده کرده بودند ولی در پژوهش حاضر از پرس‌سینه استفاده شد. هم‌چنین در آن مطالعه قدرت عضلات پایین‌تنه مورد ارزیابی قرار نگرفته بود. ولی، قدرت عضلات پایین‌تنه در این پژوهش از حرکت پرس پا استفاده شد و در گروه‌ها تجربی با افزایش همراه بود. بنابراین این پژوهش نتایج مطالعات گذشته را تایید کرده و نشان داد که محدودیت جریان خون در مقایسه با تمرینات سنتی اثری مشابه بر قدرت عضلانی دارد.

عوامل مختلفی می‌توانند ترشح هورمون‌ها را تحت تاثیر قرار دهند. یکی از این عوامل تمرین و فعالیت بدنی است. تمرین مقاومتی یک تحریک کننده قوی برای افزایش فعالیت غدد درون ریز می‌باشد که باعث تنظیم کوتاه مدت ترشح هورمون‌ها می‌شود. هورمون‌های رشد سنتز پروتئین و توده عضله را افزایش می‌دهند. افزایش مقادیر غلظت‌های هورمون رشد ناشی از تمرین به عوامل مختلفی از جمله شدت تمرین، حجم تمرین، نوع انقباض، فاصله استراحت بین ست‌ها و ایستگاه‌ها و سرعت حرکات بستگی دارد (کرامر[3] و دیگران، 2005). در پژوهش حاضر هر چند سه گروه تمرینی افزایش هورمون رشد را نشان دادند. اما، بین گروه‌های تمرینی و کنترل اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. هورمون رشد یکی از هورمون‌های آنابولیک می‌باشد که طی تمرین مقاومتی سطوح ترشحی آن تغییر می‌کند. در تحقیق حاضر بین مقادیر آن در سه حالت تمرین مقاومتی سنتی، تمرین مقاومتی برونگرا با و بدون محدودیت جریان خون تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. ولی مقادیر هورمون رشد پس از تمرین مقاومتی سنتی، تمرین مقاومتی برونگرا با محدودیت جریان خون افزایش داشت. به طور کلی نتایج تحقیقات حاکی از آن است که تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون و شدت کم نیز، به اندازه تمرین مقاومتی با شدت زیاد باعث افزایش هورمون رشد می‌شود (امیری و دیگران، 2018). از طرفی، تحریک بیشتر اعصاب حسی شیمیایی موجود در عضله اسکلتی به نام اعصاب آوران III وIV به عنوان یک فرضیه برای تحریک ترشح هورمون رشد توسط تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون معرفی شده است. بدین سان که فشار وارده از طرف

1. Reeves
2. Maximal Voluntary Contraction
3. Kreamer

کاف منجر به هایپوکسی و افزایش اسیدوز متابولیکی شده و تحریک پی در پی این اعصاب حتی در بین دوره‌های استراحت تمرینات تکرار شونده را به همراه دارد. از طرفی لاکتات در تنظیم رهایی هورمون رشد ناشی از تمرین نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند. در نتیجه، تغییر موضعی متابولیکی باعث افزایش فعالیت اعصاب آوران عضلانی شده که موجب تنظیم پاسخ هورمون رشد می‌شود که این عامل یک مکانیزم قوی اثر تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون است (مادرم[1] و دیگران، 2008). افزایش در شدت تمرین باعث بالا رفتن نیروهای داخل سلولی می‌شود. تمریناتی که نیازهای بی‌هوازی بیشتری را ایجاد کند، ممکن است به نسبت ترشح هورمون رشد بیشتری را تحریک کند (امیری و دیگران، 2018). هم‌چنین محدودیت جریان خون باعث کاهش اکسیژن شده و در نهایت موجب افزایش تشکیل لاکتات می‌شود. در محل عضله مورد نظر لاکتات جمع می‌شود و محدودیت جریان خون از انتقال لاکتات به کبد و دیگر بافت‌ها جلوگیری می‌کند. در نتیجه، تجمع لاکتات ممکن است باعث افزایش ترشح هورمون رشد شود (ریوز و دیگران، 2006). لوئنکه و دیگران (2010) در یک تحقیق مروری پس از بررسی تحقیقات بسیاری در زمینه تغییرات عوامل آنابولیک در پی تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون اذعان داشتند مایوستاتین و هورمون رشد پتانسیل بیشتری نسبت به دیگر هورمون ها در افزایش مقادیر حاد و استراحتی دارند. همچنین شیمیزو[2] و دیگران (2016) در مطالعه‌ای 40 مرد سالمند را به مدت چهار هفته تمرین مقاومتی در دو گروه 20 درصد قدرت بیشینه با محدودیت جریان خون، و بدون محدودیت جریان خون تقسیم کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که در گروه با محدودیت جریان خون، سطوح پلاسمایی هورمون رشد سه و نیم برابر (از 0/9 نانوگرم در میلی‌لیتر به 3/1 نانوگرم در میلی‌لیتر) افزایش داشت. در مطالعه دیگری تاکارادا و دیگران (2000)، آزمودنی‌های مرد را به دو گروه حرکت اکستنشن زانو با 20 درصد یک تکرار بیشینه و با محدودیت جریان خون و گروه دیگر با همان شدت ولی بدون محدودیت جریان خون تقسیم کردند. تمرین شامل پنج ست با 14 تکرار و ست آخر تا سرحد واماندگی و استراحت بین ست‌ها 30 ثانیه بود. پس از تمرین، در گروه با محدودیت جریان خون غلظت هورمون رشد به 290 برابر غلظت زمان استراحت رسید. ولی اختلاف معنی‌داری بین گروه‌ها در هورمون رشد مشاهده نشد. افزایش بیشتر هورمون رشد در مطالعه تاکارادا نسبت به مطالعه حاضر احتمالاً به دلیل تعداد ست‌ها و تکرارهای بیشتر آن بوده است، چرا که اکثر مطالعات بیان کردند که ترشح هورمون رشد ناشی از تمرین مقاومتی تحت تاثیر شدت و مدت تمرین به طور متمایزی متفاوت است. محرک‌هایی مانند افزایش سطوح لاکتات و نیاز به اکسیژن به طور ذاتی از طریق تمرین در ترشح هورمون رشد نقش دارند (ریوز و دیگران، 2006). نتایج تحقیق تاکارادا و دیگران (2000) با مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد. به طور کلی در مطالعه حاضر تمرین با شدت کم و محدودیت جریان خون با تمرین با شدت زیاد (تمرین مقاومتی سنتی) هر دو تقریباً به یک اندازه روی پاسخ هورمون رشد موثر بودند. از سویی دیگر، همان‌گونه که انتظار می‌رفت تمرین با محدودیت جریان خون با وجود شدت کم، پاسخ هورمون رشد تقریباً برابر با تمرین مقاومتی سنتی و شدت زیاد را نشان داد. هر چند بین سه گروه تمرینی تفاوت معنی‌داری در ترشح هورمون رشد مشاهده نشد. این نتایج نشان می‌دهد تمرین با شدت کم و تحریک محدودیت جریان خون در افزایش هورمون رشد موثر می‌باشد.

هورمون تستوسترون یک هورمون آنابولیکی دیگر است که ترشح آن وابسته به مکانسیم دوز – پاسخ است. تمرین با شدت بالاتر برای ترشح هورمون تستوسترون ضروری است (ریوز و دیگران، 2006). نتایج مطالعات نشان داده است که تمرین با شدت بالا و تمرین مقاومتی می‌تواند سطوح هورمون تستوسترون خون را نسبت به سطح اولیه آن افزایش دهد (کازا[3] و دیگران، 2005). به طور مثال، کرامر و دیگران (2005) افزایش سطوح هورمون تستوسترون را در تمرین با حجم بیشتر گزارش کردند. هوپر[4] و دیگران (2017) نقش‌های غدد درون‌ریز[5] تستوسترون در پاسخ و سازگاری به ورزش مقاومتی را بررسی کردند. در حالی که برخی مطالعات یک افزایش مزمن در مقادیر پایه تستوسترون نشان دادند، برخی دیگر نتوانستند سازگاری به ورزش مقاومتی منظم را مشاهده کنند. در مطالعه حاضر علی‌رغم افزایش سطوح هورمون تستوسترون در هر سه گروه تمرین مقاومتی سنتی، تمرین مقاومتی برونگرا با و بدون محدودیت جریان خون هیچ تغییر معنی‌داری بین

1. Madaram
2. Shimizu
3. Cauza
4. Hooper
5. Endocrinological

نسخه پیش از انتشار ویراستاری نشده

گروه‌ها مشاهده نشد. از دلایل افزایش هورمون تستوسترون در پژوهش حاضر می‌توان به بالا بودن شدت و تعداد حرکات و یا کمتر بودن استراحت بین ستی و بین ایستگاه‌ها اشاره کرد. افزایش غلظت هورمون تستوسترون ناشی از تمرین، محیط آنابولیکی بهتری را ایجاد می‌کند. ولی محرک تمرینی باید از فشار مناسب برخوردار باشد (کرامر و دیگران، 1995). شدت بالای تمرین مقاومتی می‌تواند سطوح هورمون تستوسترون خون را از سطوح پایه استراحتی حین تمرین بالاتر ببرد (کازا و دیگران، 2005؛ لیو[1] و دیگران، 2009). یکی دیگر از دلایل افزایش هورمون تستوسترون نوع پروتکل تمرینی است، به این صورت که مقدار افزایش هورمون تستوسترون در اثر تمرین تحت تأثیر شدت، مدت و نوع تمرین می‌باشد (لیو و دیگران، 2006). تمرین مقاومتی هورمون تستوسترون تام را بلافاصله پس از تمرین در مردان افزایش می‌دهد (مسترپیر[2] و دیگران، 2010). به طور مثال در تحقیق جنسن[3] و دیگران (1991) هیچ تفاوت معنی‌داری در غلظت هورمون تستوسترون در اثر تمرین مقاومتی در مردان مشاهده نشد که با مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد. مکانیسم افزایش تستوسترون در گردش خون به تولید لاکتات طی تمرین مرتبط می‌باشد (به نقل از لیو و دیگران، 2009)، هم‌چنین می‌توان محدودیت جریان خون را نیز باعث کاهش اکسیژن و در نهایت موجب افزایش تشکیل لاکتات در نظر گرفت (ریوز و دیگران، 2006). بر این اساس در مطالعه حاضر احتمالاً محدودیت جریان خون باعث افزایش لاکتات و در نتیجه باعث افزایش تستوسترون شده است. بنابراین نتایج بسیار متفاوتی از اجرای برنامه‌های تمرینی گوناگون گزارش شده است که دلایل آن کاملاً مشخص نیست. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که عدم افزایش معنی‌دار هورمون تستوسترون در هیچ کدام از حالت‌های کنترل، تمرین مقاومتی سنتی، تمرین مقاومتی برونگرا با و بدون محدودیت جریان خون در تحقیق حاضر، به دلیل نوع پروتکل تمرینی (حجم، شدت و استراحت بین ستی) است. مطالعات مختلف نشان دادند که برای ترشح هورمون تستوسترون پس از تمرین مقاومتی، شدت تمرین و استرس متابولیکی تولید شده بسیار حائز اهمیت است. با توجه به کمبود شواهد تحقیقی مشابه و عدم کنترل همه جانبه متغیرهای احتمالی، همچنان نیاز به انجام تحقیقات بیشتری در این زمینه باقی است. این پژوهش نیز مانند سایر تحقیقات با محدودیت‌هایی از جمله: عدم کنترل تغذیه، عدم کنترل فعالیت‌های بدنی روزانه آزمودنی‌ها به صورت دقیق و عدم کنترل شرایط روحی و روانی آزمودنی‌ها همراه بود. همچنین پیشنهاد می‌شود مطالعاتی در زمینه مشابه با اندازه‌گیری دقیق‌تر توده عضله (از طریق MRI، DEXA) انجام شود و یا پژوهش مشابه‌ای روی ورزشکاران مرد و زن با استفاده از حجم و شدت‌های مختلف صورت گیرد تا تفاوت‌های جنسیتی به‌خصوص در مورد تمرینات مقاومتی برونگرا با محدودیت جریان خون روشن شود.

نتیجه‌گیری: در مجموع نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بین سه روش تمرینی در بهبود اثرات ناشی از تمرین مقاومتی اختلاف معنی داری مشاهده نشد، لذا هشت هفته تمرین برونگرا با و بدون محدودیت جریان خون و تمرین سنتی علی‌رغم عدم تاثیر بر سازگاری هورمونی‌های رشد و تستوسترون ولی باعث تغییرات مطلوبی در شاخص قدرت فوتبالیست‌های مرد شد. با توجه به این امر پیشنهاد می‌شود، مربیان فوتبال از تمرین مقاومتی برونگرا با محدودیت جریان خون به منظور تنوع تمرینی و بهبود عملکردهای قدرتی بازیکنان فوتبال استفاده کنند.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچگونه تعارض منافعی در خصوص این مقاله وجود ندارد.

قدردانی و تشکر

مقاله حاضر مستخرج از رساله دکتری در گرایش فیزیولوژی ورزش (عصب و عضله) دانشگاه حکیم سبزواری می‌باشد. بدین وسیله نویسندگان از کلیه افرادی که به عنوان نمونه در این مطالعه شرکت نموده و موجبات انجام تحقیق را فراهم نموده‌اند، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

1. Liu
2. Maestripieri
3. Gensen

منابع

Amiri, R., Esfarjani, F., & Marandi, S.M. (2018). Comparison of metabolic some hormones Response to resistance training withdDifferent intensity with and without blood flow restriction in active girls. *Sport Physiology*. *10*(**37**): **185-202. [In Persian]. doi: 10.22089/SPJ.2018.1172.**

Basereh, A., Ebrahim, K.H., Hovanloo, F., Dehghan, P., Khoramipour, K. (2017). Effect of blood flow restriction deal during isometric exercise on growth hormone and testosterone active males. *Sport Physiology*. **9(33): 51-68. [In Persian]. doi: 10.22089/SPJ.2017.924.**

Bird, Stephen, P., Kyle, M., Tarpenning& Frank, E., Marino. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness. A review of the acute programme variables. *Sports Medicine*. **35 (10): 841-851. doi: 10.2165/00007256-200535100-00002**

Borde, R., Hortobágyi, T., Granacher, U. (2015). Dose-response relationships of resistance training in healthy old adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*. **45(12): 1693-720. doi: 10.1007/s40279-015-0385-9.**

Claudio, O., Tibana, A., Ramires, A., Viana, C., Willardson, J., & Prestes, J. (2013). Influence of exercise order on upper body maximum and submaximal strength gains in trained men. *Faculty Research and Creative Activity*. **10(23): 21- 28. doi: 10.1111/cpf.12036**

Cruz-Jentoft, A.J., Landi, F., Schneider, S.M., Zúñiga, C., Arai, H., Boirie, Y. (2014). Prevalence of and interventions for sarcopenia in ageing adults: a systematic review. Report of the International Sarcopenia Initiative (EWGSOP and IWGS). *Age Ageing*. **43(6):748-59. doi: 10.1093/ageing/afu115.**

Goto, K., Ishii, N., Kizuka, T., Kraemer, R.R., Honda, T., Takamatsu, K. (2009). Hormonal and metabolic responses to slow movement resistance exercise with different durations of concentric and eccentric actions. *European Journal of Applied Physiology*. **106 (4): 731–739. doi: 10.1007/s00421-009-1075-9.**

Hooper, D.R., Kraemer, W.J., Focht, B.C., Volek, J.S., DuPont, W.H., Caldwell, L.K., & Maresh, C.M. (2017). Endocrinological roles for testosterone in resistance exercise responses and adaptations. *Sports Medicine*. ***47***(**9**), **1709-1720. doi: 10.1007/s40279-017-0698-y.**

Hoseini Kakhak, S.A.R., Sharifi Moghadam, A., Hamedi nia, M.R., Azarniveh, M.S. (2011). Comparison of the effect of traditional strength training with strength training and vascular obstruction on muscular performance and cardiovascular endurance in young girls. *Journal of Sports Biosciences*. **10: 95-114. [In Persian]. doi.org/10.22059/JSB.2012.22000.**

Ishii, N., Madarame, H., Odagiri, K., Naganuma. M., Shinoda, K. (2005). Circuit training without external load induces hypertrophy in lower-limb muscles when combined with moderate venous occlusion. *International Journal of KAATSU Training Research*.**1 (1): 24-8. doi: 10.5336/sportsci.2021-87379.**

Khajehlandi, M., Janbozorgi, M. (2018). Comparison of the effect of one session of resistance training with and without blood-flow restriction of arm on changes in serum levels of growth hormone and lactate in athlete females. *Journal Feyz.* **22(3): 318-24.**

Kon, M., Ikeda, T., Homma, T., Suzuki, Y. (2012). Effects of low-intensity resistance exercise under acute systemic hypoxia on hormonal responses. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. **26(3): 611-7. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182281c69**.

Kraemer, W.J., Patton, J.F., Gordon, S.E., Harman, E.A., Deschenes, M.R., Reynolds, K.A.T.Y., & Dziados, J.E. (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of applied physiology*. ***78***(**3**), **976-989. Doi: 10.1152/jappl.1995.78.3.976**.

Kreamer, W.J., Ratamess, N.A. (2005). Hormonal responses and adaptations to resistance and training. *Sports Medicine*. **35(4): 339-361. doi: 10.2165/00007256-200535040-00004.**

Law, T.D. Clark, L.A. Clark, B.C. (2016). Resistance exercise to prevent and manage sarcopenia and dynapenia. *Annual Review of Gerontology and Geriatrics*. **36(1), 205-228. doi.org/10.3806/ijktr.2.5.**

Liu, T., Kuo, C., Wang, P.S. (2009). Exercise and testosterone. *Adapt Medical*. **1(1): 26-31. doi: 10.3390/ijms20030647**

Lixandrao, M.E., Ugrinowitsch, C., Laurentino, G., Libardi, C.A., Aihara, A.Y., Cardoso, F.N., Tricoli, V., Roschel, H. (2015) .Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. *European Journal of Applied Physiology*. **115(12):2471-80. doi: 10.1007/s00421-015-3253-2**

Madarame, H., Neya, M., Ochi, E., Nakazato, K., Sato, Y., Ishii, N. (2008). Crosstransfer effects of resistance training with blood flow restriction. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. **40(2): 258–263. doi: 10.1249/mss.0b013e31815c6d7e**

Maestripieri, D., M. Baran, N., Sapienza, P., & Zingales, L. (2010). Between-and within-sex variation in hormonal responses to psychological stress in a large sample of college students. ***Stress***, ***13***(**5**), **413-424. Doi: 10.3109/10253891003681137.**

Mostafaloo, A., Hosseini Kakhak, S.A.R., Haghighi, A.H. (2020). The effect of low intensity eccentric training with blood flow restriction on muscle volume and physical function of male soccer players. *Sport Physiology*. **12(46): 77-94. [In Persian]. doi: 10.22089/spj.2019.6652.1840.**

Mostafaloo, A., Hosseini Kakhak, S.A.R., Haghighi, A.H. (2018). The effect of resistance training with emphasis on eccentric phase with and without blood flow restriction and traditional resistance training on blood cortisol, endurance performance and anaerobic power in male soccer players. *Metabolism and Exercise A biannual journal.* **8(1): 61-78. [In Persian]. Doi.org/10.22124/jme.2018.3564.**

Nakajima, T., Kurano, M., Iida, H., Takano, H., Oonuma, H., Morita, T., Meguro, K., Sato, Y., Nagata, T. (2006). Use and safety of KAATSU training: results of a national survey. *International Journal of KAATSU Training Research*. **2(4): 5–14. doi.org/10.3806/ijktr.2.5.**

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

Park, S.Y., Kwak, Y.S., Harveson, A., Weavil, J.C., Seo, K.E. (2015). Low intensity resistance exercise training with blood flow restriction: insight into cardiovascular function, and skeletal muscle hypertrophy in humans. *The Korean Journal of Physiology & Pharmacology*. **19(3), 191-6. doi: 10.4196/kjpp.2015.19.3.191.**

Pope, K., Jeffrey, M., Willardson, J., Schoenfeld, D., Emmett, & Jill, D. (2015). Hypertrophic and strength responses to eccentric resistance training with blood flow restriction: A Pilot Study. *International Journal of Sports Science and Coaching*. **10 (5): 919- 931. doi.org/10.1260/1747-9541.10.5.919**

Reeves, G.V, Kreamer, R.R., Hollander, D.B., Clavier, J., Thomas, G., Francis, M., et al. (2006). Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion. *Journal of Applied Physiology*.**101 (6): 1616-1622. doi.org/10.1260/1747-9541.10.5.919**

Saez de, V., E, Suarez-Arrones, L., Requena, B., Haff, G.G., & Ferrete, C. (2015). Effects of plyometric and sprint training on physical and technical skill performance in adolescent soccer players. *Journal of Strength and conditioning Research*. **29(7): 1894–1903. doi.org/10.51224/SRXIV.180**

Schoenfeld, J., Ogborn, I., Vigotsky, D., Franchi, V., Krieger, W. (2017). Hypertrophic effects of concentric vs. eccentric muscle actions: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*. **31(9): 2599–2608. doi: 10.1519/JSC.0000000000001983**

Scott, B.R., Slattery, K.M., Sculley, D.V., Dascombe, B.J. (2014). Hypoxia and resistance exercise: a comparison of localized and systemic methods. *Sports Medicine*. **44(8), 1037-1054. doi: 10.1007/s40279-014-0177-7**

Smilios, I.L., Pilianidis, T., Karamouzis, M., Tokmakidis, S.P. (2003). Hormonal responses after various resistance exercise protocols. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. **35(4):644-54. doi: 10.1249/01.MSS.0000058366.04460.5F**

Takarada, Y., Nakamura, Y., Aruga, S., Onda, T., Miyazaki, S., Ishii, N. (2000). Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *Journal of Applied Physiology*. **88(1):61-5. doi: 10.1152/JAPPL.2000.88.1.61**

Vechin, F.C., Libardi, C.A., Conceição, M.S., Damas, F.R., Lixandrão, M.E., Berton, R.P., et al. (2015). Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. **29(4): 1071-6. doi: 10.1519/JSC.0000000000000703**.

Wilson, J.M., Lowery, R.P., Joy, J.M., Loenneke, J.P., Naimo, M.A. (2013). Practical blood flow restriction training increases acute determinants of hypertrophy without increasing indices of muscle damage. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. **27(11):3068-75. doi: 10.1519/JSC.0b013e31828a1ffa**

Yasuda, T., Fukumura, K., Tomaru, T., & Nakajima, T. (2016). Thigh muscle size and vascular function after blood flow-restricted elastic band training in older women. *Oncotarget*. **7(23): 335-45. doi: 10.18632/oncotarget.9564**

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده