



Research Paper

Testosterone and growth hormone adaptation with eight-week eccentric resistance training with and without blood flow restrictionAli Mostafaloo^{1,2}, Seyed Alireza Hosseini Kakhak^{3*}, Amir Hossein Haghighi⁴

Received: Mar 18, 2023

Revised: Jan 13, 2024

Accepted: Jan 14, 2024

Article info

1. Ph.D in Exercise Physiology, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.
2. Assistant Professor at Department of Physical Education, GKM.C, Islamic Azad University, Gonbad Kavos, Iran.
3. Professor of Exercise Physiology Department, Faculty of Sports Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
4. Professor of Exercise Physiology Department, Faculty of Sports Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.

*** Corresponding Author Address:**

Department of Exercise Physiology,
University of Ferdowsi Mashhad,
Mashhad, Khorasan Razavi, Iran;
E_mail: hosseinik@um.ac.ir

Extended Abstract

Background and Aim: Anabolic hormones such as testosterone and growth hormone play a key role in the physiological adaptations that result from exercise training. These hormones are essential for regulating metabolic processes, increasing muscle mass, and enhancing physical strength. Numerous studies have examined the effects of various training methods on hormonal changes. However, the variations in physiological responses to various types of resistance training, especially extroversion training with and without blood flow restriction, have not yet been clearly defined. Extroversion resistance training, due to the involvement of more muscle fibers, has the potential to create higher stress on the muscular system, which can be a suitable stimulus for the body's anabolic responses. On the other hand, innovative approaches such as blood flow restriction (BFR) training has also been considered an effective solution in situations where it is not possible to apply high mechanical stress. The present study aimed to investigate the adaptation of testosterone and growth hormone with eight weeks of extroversion resistance training with and without blood flow restriction.

Materials and Methods: This study was a quasi-experimental research with a pre-test-post-test design. The statistical population comprised male club-level soccer players with a history of regular training. Among the volunteers, 40 people were voluntarily selected and then randomly divided into four equal groups: eccentric resistance training with blood flow restriction (n=10), eccentric resistance training without blood flow restriction

Cite this article:

Mostafaloo A, Hosseini Kakhak S.A, Haghighi A.H. Testosterone and growth hormone adaptation with eight-week eccentric resistance training with and without blood flow restriction. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*. 2025;13(35):56-69. <https://doi.org/10.22077/jpsbs.2024.6227.1775>



(n=10), traditional resistance training (n=10), and a control group (n=10). The training program was performed for eight weeks, with three sessions per week. The exercises included selected resistance movements for the upper limbs (such as the chest press) and lower limbs (such as the leg press). The intensity of the exercises for different groups was designed based on the principles of resistance training and in accordance with the objectives of the study. The eccentric resistance training with blood flow restriction group performed the exercises by tying elastic bands in the proximal areas of the limbs to restrict blood flow. In contrast, the eccentric resistance training group without blood flow restriction performed the same training without this restriction. The traditional group also performed traditional resistance training at a higher intensity, and the control group did not receive any intervention. To measure functional changes, the bench press test (for upper body muscle strength) and leg press (for lower body muscle strength) were used in the pre-test and post-test phases. Additionally, hormonal responses were evaluated by collecting blood samples from the brachial vein before and after the intervention, followed by measurement of serum testosterone and growth hormone concentrations using ELISA. Data were analyzed using repeated measure analysis of variance with Bonferroni test, and statistical significance was set at $p < 0.05$.

Table 1. Results of repeated measure ANOVA test on variables of testosterone hormone, growth hormone, and muscle strength: (time effect, group effect and time effect within group)

Variables		Muscle strength (kg)		Testosterone hormone (nm/l)	Growth hormone (ng/ml)
		Chest press	Leg press		
Traditional resistance training	Before training	62.10±10.20	202.50±0.30	70.30±15.10	0.11±0.08
	After training	70.90±12.91	241.50±51.40	30.80±16.10	0.18±0.30
	Percentage of Changes	14.35 [†]	19.55 [#]	3.68	38.89
Eccentric resistance training with blood flow restriction	Before training	56.12±40.01	171.50±23.50	80.20±15.10	0.12±0.08
	After training	62.90±13.80	209.50±28.10	20.10±17.10	0.16±0.17
	Percentage of Changes	12.35 [†]	22.16 [#]	8/14	33.33
Eccentric resistance training without blood flow restriction	Before training	70.15±20.02	217.71±00.00	15.40±2.10	0.17±0.10
	After training	76.15±10.00	242.50±67.50	16.80±1.60	0.20±0.10
	Percentage of Changes	8.57	11.75 [#]	8.14	15.00
Control	Before training	66.11±0.80	195.48±10.00	40.10±15.20	0.07±0.01
	After training	68.10±10.90	202.50±49.10	80.60±16.10	0.08±0.02
	Percentage of Changes	3.18 [†]	3.85	8.33	14.29
Analysis of Changes in Time (F-value, Degrees of Freedom, and Significance Level)		$p < 0.001^*$ (F=339.50)	$p = 0.24$ (F=1.39)	$p = 0.61$ (F=0.26)	$p < 0.001^*$ (F=14.95)
Analysis of Changes in Group (F-value, Degrees of Freedom, and Significance Level)		$p < 0.001^*$ (F=228.80)	$p = 0.09$ (F=2.28)	$p = 0.72$ (F=0.44)	$p < 0.001^*$ (F=20.22)
Analysis of Changes at the Time * Group (F-value, Degrees of Freedom, and Significance Level)		$p < 0.001^*$ (F=13.66)	$p < 0.001^*$ (F=13.81)	$p = 0.27$ (F=1.35)	$p = 0.88$ (F=0.21)

* Indicate of significant effect of time, group & both; # Indicates within-group changes; † Indicates between-group changes; Significant level at $p < 0.05$.

Findings: Statistical analysis revealed a significant difference between the studied groups in terms of upper body muscle strength. A repeated measures analysis of variance test showed that after eight weeks of training, the eccentric resistance training group with blood flow restriction and the traditional resistance training group performed significantly better than the control group in the bench press strength test ($p < 0.001$). This finding highlights the high effectiveness of these two types of training on strengthening the upper body muscles of male athletes. In contrast, the eccentric resistance training group without blood flow restriction showed a relative improvement, but this change was not statistically significant. In examining the strength of the lower body muscles through the leg press test, no significant difference was observed between the different groups ($p > 0.05$). This finding could indicate that the designed exercises, especially the eccentric resistance training with blood flow restriction, which were performed at a lower intensity, had a lesser effect on the lower compared to the upper muscles, or that the duration of the training period was not sufficient to create significant changes in this area. Regarding hormonal responses, analysis of the results from blood samples showed that serum testosterone levels did not change significantly after the training period in any

of the groups ($p=0.27$). Similarly, growth hormone levels did not show a significant difference at the end of the training period in the different groups ($p=0.88$). These results indicate that the resistance training performed, despite creating some desirable functional responses, did not lead to significant stimulation of hormonal axes related to anabolism. Overall, it can be said that traditional resistance training and eccentric training with blood flow restriction were more effective in improving upper body muscle strength than other methods, but these types of interventions did not have a significant effect on changes in lower body muscle strength or hormonal indices over an eight-week period.

Conclusion: The findings of this study indicate that extrinsic resistance training, especially with blood flow restriction, significantly improved upper body muscle strength, while a similar effect was not observed on lower body muscle strength. Additionally, serum levels of testosterone and growth hormones did not change significantly after eight weeks of training in any of the groups. These findings are consistent with some previous studies and may be due to the limited duration of the intervention or the relatively low intensity of the exercises. Despite the absence of hormonal adaptations, the observed functional gains highlight the effectiveness of the intervention, especially eccentric resistance training with blood flow restriction, as a viable strategy for increasing strength when high-intensity exercise is not feasible. Future research should explore longer training durations, higher intensities, and a broader range of physiological markers to better understand the underlying mechanisms and optimize training outcomes.

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

Ethical Considerations: This study was approved by the Ethics Committee of the Faculty of Medical Sciences, Aliabad Katul Branch of Islamic Azad University (IR.IAU.AK.REC.1396.5).

Compliance with Ethical Guidelines: The present article is extracted from a doctoral dissertation. The present research was conducted in compliance with ethical principles, including obtaining a written consent form to participate in the study, maintaining the confidentiality of the participants' information, and ensuring their freedom to withdraw from the research process. The research implementation does not involve physical or psychological harm to the participants.

Funding: This research received no financial support from public, private, or nonprofit organizations.

Conflicts of Interest: The authors of this article declare no conflicts of interest.



مقاله پژوهشی

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

علی مصطفی‌لو^{۱،۲}، سیدعلیرضا حسینی خاکخ^{۳*}، امیرحسین حقیقی^۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۰۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۳۱

اطلاعات مقاله

۱. دکتر فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.
۲. استادیار گروه تربیت بدنی، واحد گنبدکاوس، دانشگاه آزاد اسلامی، گنبدکاوس، ایران.
۳. استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۴. استادیار 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 ۴۰ فوتبالیست در یک طرح تحقیق نیمه‌تجربی شرکت کردند. آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی به چهار گروه مساوی ($n=10$) شامل تمرین مقاومتی برون‌گرا با محدودیت جریان خون، تمرین مقاومتی برون‌گرا بدون محدودیت جریان خون، تمرین مقاومتی سنتی و کنترل تقسیم شدند. جهت ارزیابی قدرت عضلات بالاتنه و قدرت عضلات پایین تنه 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 به‌منظور مقایسه بین گروه‌ها در سطح $p<0.05$ استفاده گردید. **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 دارند ($p<0.01$). همچنین نتایج نشان داد که هیچ‌کدام از برنامه‌های تمرینی تأثیر معنی‌داری بر قدرت عضلات پایین تنه در بین گروه‌ها ($p=0.09$)، سطوح سرمی هورمون تستوسترون ($p=0.27$) و هورمون رشد ($p=0.88$) نداشتند. **نتیجه‌گیری:** با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر، استفاده از روش‌های مختلف تمرین مقاومتی، به‌ویژه تمرین برون‌گرا با و بدون محدودیت جریان خون، هر چند منجر به تغییرات هورمونی نشد، اما می‌تواند به‌عنوان راهکاری مؤثر در بهبود قدرت بدنی بازیکنان فوتبال مورد استفاده قرار گیرد.

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

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

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 (۱). تمرین مقاومتی به منظور جلوگیری از تحلیل توده عضله و قدرت توسط اکثر مطالعات پیشنهاد شده است (۲-۷). تمرین مقاومتی، ترکیبی از فعالیت‌های عضلانی هم‌طول، درونگرا و برونگرا است (۸). تحقیقات نشان داده‌اند که هر دو نوع فعالیت درونگرا و برونگرا، باعث ایجاد تحریکات عصبی-عضلانی جداگانه‌ای شده و این تحریکات موجب پاسخ‌های سازگاری پس از فعالیت می‌شوند (۱۰، ۹). بین تمرینات مقاومتی درونگرا و برونگرا، تفاوت‌های زیادی وجود دارد. 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 (۸) و تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون نیز نوعی دیگری از تمرینات مقاومتی که در سال‌های اخیر به آن پرداخته شده است این روش با بستن بخش نزدیک به تنه^۱ عضو توسط کاف^۲ و یا باند الاستیکی در هر دو اندام فوقانی و تحتانی انجام می‌شود، اما در اندام تحتانی به دلیل گروه‌های عضلانی بزرگ، موثرتر است (۱۱). محدودیت جریان خون در تمرین‌های مقاومتی، می‌تواند قدرت و هایپرتروفی را به میزان چشمگیری افزایش دهد (۲). کراتین فسفوکیناز^۳ (CPK) و لیپید پراکساید^۴ (LP) که از نشانگرهای آسیب‌های عضلانی هستند، در تمرین‌های مقاومتی با محدودیت جریان خون، به افزایش قابل توجهی نمی‌یابند (۱۲). فعالیت مقاومتی در شرایط هایپوکسی تجمع متابولیک‌ها مانند لاکتات و یون هیدروژن را زیاد می‌کند (۱۳) و تا حدودی موجب افزایش ترشح هورمون‌ها می‌شود (۱۴). 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 سنتر پروتئین می‌شود و هورمون تستوسترون نیز در افزایش پروتئین

بافت‌های بدن، به‌ویژه عضلات نقش دارد (۱۵، ۱۳). تمرین‌های مقاومتی با تغییر در غلظت هورمون‌ها و از طریق افزایش غلظت در طولانی مدت، تأثیرات خود را بر توده عضلانی بر جای می‌گذارند (۱۷، ۱۶). 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 (۸، ۱۸). به عنوان مثال، می‌توان به مطالعه یاسودا^۵ و دیگران (۲۰۱۶) 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 و حجم عضله، در محدودیت جریان خون درونگرا نسبت به محدودیت جریان خون برونگرا، با افزایش همراه است (۲). مصطفی‌لو و دیگران (۲۰۲۰) نیز در مطالعه‌ای اثر تمرین برونگرا با محدودیت جریان خون بر حجم عضله و عملکرد فوتبالیست‌ها را مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که برنامه تمرین مقاومتی برونگرا با و بدون محدودیت جریان خون و تمرین مقاومتی سنتی اثری مشابه‌ای بر قدرت، استقامت و هایپرتروفی عضلانی در فوتبالیست‌ها دارد (۱۸). هم‌چنین در مطالعه دیگری پپ^۶ و دیگران (۲۰۱۵) 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 می‌شود و سازگاری‌های بیشتری نسبت به تمرین بدون محدودیت جریان خون ندارد (۸). 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 (۲). برخی شواهد بیان می‌کنند که تمرینات با محدودیت جریان خون بدون نیاز به تمرین تا سر حد خستگی، به‌طور معنی‌داری توده و قدرت عضلانی را افزایش می‌دهد (۱۲، ۲۰).

1. Proximal
2. Cuff

3. Creatine phospho kinase
4. Lipid peroxide

5. Yasuda
6. Pope

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^۱ شامل وزن با استفاده از ترازوی دیجیتالی و قد به وسیله قدسنج دیواری انجام گرفت.

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 پایین تنه از آزمون پرس پا به روش یک تکرار بیشینه استفاده شد (۲۰). 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 پهلوی) و پایین تنه (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. جزئیات برنامه تمرین مقاومتی در جدول یک ارائه گردیده است.

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 (۲۱). شدت تمرین این‌گونه کنترل شد که آزمودنی وزنه‌ای را انتخاب کرد که حداقل شش بار و حداکثر هشت بار بدون کمک جابجا کردند. هر وقت تعداد تکرارها به بیشتر از هشت افزایش یافت، مقدار وزنه پنج تا ۱۰ درصد زیاد شد تا تعداد تکرارها در دامنه مورد نظر حفظ گردد. به این ترتیب، اصل اضافه بار نیز رعایت شد (۸، ۲۱).

روش اعمال محدودیت جریان خون: به‌منظور ایجاد

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، از این برنامه تمرینی استفاده نشود. 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 (۱۹). 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 بود. جامعه آماری پژوهش حاضر را کلیه فوتبالیست‌های شهرستان مینودشت تشکیل دادند که پس از دعوت به همکاری، ۴۰ بازیکن فوتبال به صورت هدفمند انتخاب شدند. ملاک‌های ورود آزمودنی‌ها به پژوهش عبارت بودند از: عضو یکی از تیم‌های لیگ یک و در محدوده سنی ۲۰ تا ۲۵ 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 باشند. ضمناً آزمودنی‌هایی که هر گونه آسیب و یا هرگونه مصرف دارو و مصرف دخانیات داشتند، از پژوهش خارج شدند. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی در چهار گروه مساوی ($n=10$) شامل تمرین مقاومتی برونگرا با محدودیت جریان خون، تمرین مقاومتی سنتی، و کنترل؛ تقسیم شدند. طرح تحقیق توسط کمیته اخلاق دانشکده علوم پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علی‌آبادکتول با شناسه

جدول ۱. 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	۷۰ تا ۸۰ درصد 1RM	۳۰ تا ۴۰ درصد 1RM	۷۰ تا ۸۰ درصد 1RM
تعداد هفته	۸	۸	۸
تعداد ست‌ها	۴	۴	۴
تعداد تکرارها	۸ تا ۶	۸ تا ۶	۸ تا ۶
ریتم اجرای حرکت (درونگرا: مکث: برونگرا) (ثانیه)	۱:۱:۱	۱:۱:۵	۱:۱:۵
تعداد ایستگاه‌ها	۵	۵	۵
فاصله استراحت بین ست‌ها (ثانیه)	۶۰	۶۰	۶۰
فاصله استراحت بین ایستگاه‌ها (ثانیه)	۹۰	۹۰	۹۰

رکورد یک تکرار بیشینه آزمودنی ثبت شد (۲۰).

روش اندازه‌گیری تغییرات غلظت سرمی هورمون‌های تستوسترون و رشد: تغییرات غلظت سرمی هورمون‌های تستوسترون و رشد به روش الایزا و با استفاده از کیت‌های مخصوص آزمایشگاهی شرکت تسو^۱ ساخت کشور ژاپن با درجه حساسیت ۰/۰۷ نانو گرم در میلی لیتر، اندازه‌گیری شد. نمونه‌گیری خونی در حالت ناشتا قبل و ۲۴ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین گرفته شد (۲۴). برای هر مرحله خون‌گیری، پنج میلی لیتر خون از سیاهرگ ساعد دست راست در حالت نشسته و وضعیت استراحت اخذ گردید. سپس از سانتریفیوژ با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۱۰ دقیقه برای جداسازی پلاسما استفاده و پلاسمای حاصل در دمای ۸۰- 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 تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی^۲ استفاده شد. کلیه عملیات آماری توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام گردید و سطح معنی‌داری ۰/۰۵ < p در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

تحلیل آماری نشان داد که اثر تعاملی زمان و گروه در آزمون قدرت بالاتنه (پرس سینه) ($F=13/66$ و $p<0/01$) و پایین تنه (پرس پا) ($F=13/81$ و $p<0/01$) معنی‌دار است. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که در گروه‌های تمرین برونگرا با محدودیت جریان خون و تمرین سنتی

محدودیت جریان خون از کش‌های الاستیکی کاربردی (عرض هفت سانتی‌متر برای پایین‌تنه و عرض پنج سانتی‌متر برای بالاتنه) استفاده گردید. جهت تعیین میزان اعمال نیروی کش‌های الاستیکی، 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 و میزان مناسب کشش با توجه به حجم ران و بازوی 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 یک تا ۱۰ امتیازی از آزمودنی‌ها پرسیده شد و امتیاز هفت به‌عنوان معیار محدودیت جریان خون سرخرگی در نظر گرفته شد (۲۲). در حرکات خم کردن و باز کردن آرنج، بخش نزدیک به تنه بازو و در حرکات خم کردن و باز 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 (۲۳).

روش اندازه‌گیری متغیرها: برای اندازه‌گیری یک تکرار بیشینه، ابتدا آزمودنی وزنه‌ای حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد یک تکرار بیشینه را به‌طور 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 ۱۰ 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 به‌عنوان

1. Tosoh

2. Bonferroni post hoc test

تعاملی گروه و زمان در مورد هورمون‌های تستوسترون و رشد معنی‌دار نیست، لذا تفاوت معنی‌داری در هورمون تستوسترون ($F=1/35$ ، $p=0/27$) و هورمون رشد ($F=0/21$) و $p=0/88$) بین گروه‌ها وجود نداشت.

بحث

نتایج پژوهش حاضر این بود که قدرت عضلات بالاتنه در گروه تمرینات سنتی ۱۴/۴ درصد، گروه تمرینات برون‌گرا با محدودیت جریان خون ۱۲/۳ درصد و گروه تمرین برون‌گرا بدون محدودیت جریان خون، ۸/۵ درصد به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه کنترل افزایش پیدا کرده است. قدرت عضلات پایین‌تنه نیز در گروه‌های تمرینی شامل گروه

(از قبل به بعد تمرین) در مقایسه با گروه کنترل، قدرت بالاتنه افزایش معنی‌دار داشته است ($p<0/01$) و بین سایر گروه‌های تمرینی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p=0/35$ ، $p=0/12$ ، $p=0/63$ به ترتیب در گروه‌های تمرین مقاومتی سنتی، تمرین مقاومتی برون‌گرا با محدودیت جریان خون، و تمرین مقاومتی برون‌گرا بدون محدودیت جریان خون). نتایج نشان داد که بین گروه‌ها در آزمون قدرت پایین‌تنه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد؛ اما تغییرات درون گروهی قدرت عضلات پایین‌تنه در سه گروه تمرینی افزایش معنی‌داری را نشان داد (به ترتیب با $p<0/001$ ، $p<0/003$ ، $p<0/001$). به‌علاوه، نتایج تحلیل آماری نشان داد که اثر

جدول ۲. توصیف شاخص‌های آماری مشخصات فردی آزمودنی‌ها

شاخص‌ها	گروه تمرین مقاومتی سنتی	گروه تمرین مقاومتی برون‌گرا با محدودیت جریان خون	گروه تمرین مقاومتی برون‌گرا بدون محدودیت جریان خون	گروه کنترل
سن (سال)	۲۳/۲۰±۷/۸۰	۲۴/۳۰±۲/۶۰	۲۳/۳۰±۱/۸۲	۳۲/۵۰±۶/۰۱
قد (سانتی‌متر)	۱۷۸/۷۰±۳/۰۰	۱۷۴/۲۰±۹/۸۱	۱۷۱/۳۰±۳/۱۳	۱۷۷/۴۰±۳/۰۰
وزن (کیلوگرم)	۷۱/۱۳±۳/۵۰	۷۰/۵۰±۶/۴۰	۶۶/۹۰±۸/۴۰	۷۲/۳۰±۳/۶۲
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع)	۲۲/۳۷±۳/۰۰	۲۳/۱۶±۶/۹۰	۲۲/۹۱±۳/۰۰	۲۴/۳۰±۱/۱۰

جدول ۳. 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 (کیلوگرم)	پرس پا	هورمون تستوسترون (نانومول بر لیتر)	هورمون رشد (نانوگرم بر میلی لیتر)
تمرین مقاومتی سنتی	قبل از تمرین	۶۲/۱۰±۱/۲۰	۲۰۲/۰۰±۵/۳۰	۱۵/۷۰±۱/۳۰
	بعد از تمرین	۷۰/۱۲±۹/۹۱	۲۴۱/۵۱±۵/۴۰	۱۶/۳۰±۱/۸۰
	درصد تغییرات	۱۴/۳۵	۱۹/۵۵ [#]	۳/۶۸
	درصد تغییرات	۱۴/۳۵	۱۹/۵۵ [#]	۳/۶۸
تمرین مقاومتی برون‌گرا با محدودیت جریان خون	قبل از تمرین	۵۶/۴۰±۱۲/۰۱	۱۷۱/۲۳±۵/۵۰	۱۵/۸۰±۱/۲۰
	بعد از تمرین	۶۲/۱۳±۹/۸۰	۲۰۹/۲۸±۵/۱۰	۱۷/۲۰±۱/۱۰
	درصد تغییرات	۱۲/۳۵	۲۲/۱۶ [#]	۸/۱۴
	درصد تغییرات	۱۲/۳۵	۲۲/۱۶ [#]	۸/۱۴
تمرین مقاومتی برون‌گرا بدون محدودیت جریان خون	قبل از تمرین	۷۰/۲۰±۱۵/۰۲	۲۱۷/۰۰±۷/۱۰۰	۱۵/۴۰±۲/۱۰
	بعد از تمرین	۷۶/۱۰±۱۵/۰۰	۲۴۲/۶۷±۵/۵۰	۱۶/۸۰±۱/۶۰
	درصد تغییرات	۸/۵۷	۱۱/۷۵ [#]	۸/۳۳
	درصد تغییرات	۸/۵۷	۱۱/۷۵ [#]	۸/۳۳
کنترل	قبل از تمرین	۶۶/۰۰±۱۱/۸۰	۱۹۵/۱۰±۴۸/۰۰	۱۴/۸۰±۱/۸۰
	بعد از تمرین	۶۸/۱۰±۱۱/۹	۲۰۲/۴۹±۵/۱۰	۱۴/۹۰±۲/۰۱
	درصد تغییرات	۳/۱۸	۳/۸۵	۰/۶۸
	درصد تغییرات	۳/۱۸	۳/۸۵	۰/۶۸
تحلیل تغییرات در زمان (مقدار p، مقدار F)				
تحلیل تغییرات در گروه (مقدار p، مقدار F)				
تحلیل تغییرات در زمان * گروه (مقدار p، مقدار F)				

* نشانه اثر معنی‌دار زمان، گروه، یا تعاملی؛ # نشانه تغییرات درون گروهی؛ سطح معنی‌داری $p<0/05$.

(۱۹). پژوهش پپ و دیگران (۲۰۱۵) نشان داد که اجرای چهار هفته تمرین مقاومتی برون‌گرا، چه با محدودیت جریان خون و چه بدون آن، می‌تواند به افزایش سطح مقطع عضلات در افراد تمرین‌دیده منجر شود (۸). به‌طور مشابه، یافته‌های یاسودا و دیگران (۲۰۱۵) نیز حاکی از آن بود که انقباض بیشینه ارادی^۲ (MVC) پس از تمرین افزایش می‌یابد. با این حال، در گروهی که تمرینات برون‌گرا با محدودیت جریان خون انجام داده بودند، تغییری در طول زمان مشاهده نشد. در عوض، تمرین برون‌گرا در مقایسه با تمرین درون‌گرا، رشد بیشتری در قدرت عضله نشان داد (۲۶). باید توجه داشت که شدت تمرین باید به‌حدی باشد که پتانسیل انقباضات برون‌گرا را فعال و قابل اندازه‌گیری کند. تا کنون مطالعات محدودی به بررسی تمرینات برون‌گرا در کنار استفاده از محدودیت جریان خون پرداخته‌اند (۲۶)، یکی از عوامل احتمالی تفاوت میان پژوهش حاضر و مطالعه یاسودا و دیگران (۲۰۱۵)، نوع حرکات تمرینی مورد استفاده است؛ در مطالعه آنان از تمرین جلو بازو برای سنجش قدرت استفاده شده بود، در حالی که در این تحقیق از پرس سینه بهره گرفته شد. همچنین در تحقیق یاسودا و دیگران (۲۰۱۵) ارزیابی عضلات پایین‌تنه لحاظ نشده بود، در حالی که در مطالعه حاضر، قدرت پایین‌تنه با حرکت پرس پا اندازه‌گیری شد و در گروه‌های تجربی، افزایش محسوسی مشاهده گردید.

ترشح هورمون‌ها تحت تأثیر عوامل گوناگونی قرار می‌گیرد که یکی از مهم‌ترین آن‌ها، فعالیت بدنی و تمرین است. تمرینات مقاومتی به عنوان یکی از محرک‌های قوی سیستم درون‌ریز، موجب تنظیم کوتاه‌مدت ترشح هورمون‌ها می‌شوند. هورمون رشد نقش کلیدی در تحریک سنتز پروتئین و افزایش توده عضلانی دارد. میزان افزایش این هورمون در پاسخ به تمرین، به متغیرهایی مانند شدت و حجم تمرین، نوع انقباض عضلانی، فاصله‌های استراحت میان ست‌ها، تعداد ایستگاه‌ها و سرعت اجرای حرکات وابسته است (۲۸، ۲۷). در مطالعه حاضر، اگرچه هر سه گروه تمرینی افزایش در سطح هورمون رشد را نشان دادند، اما تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های تجربی و گروه کنترل مشاهده نشد. هورمون رشد که یکی از مهم‌ترین هورمون‌های آنابولیک در پاسخ به تمرینات مقاومتی است،

تمرینات سنتی (۱۹/۶ درصد)، گروه تمرین با محدودیت جریان خون (۲۲/۲ درصد) و گروه تمرین بدون محدودیت جریان خون (۱۱/۸ درصد)؛ به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه کنترل افزایش پیدا کرد. نتایج این پژوهش با نتایج پپ و دیگران (۲۰۱۵) و یاسودا و دیگران (۲۰۱۶) هم‌خوانی ندارد. یکی از دلایل اصلی تفاوت نتایج این پژوهش با مطالعات مشابه، ممکن است به مدت اجرای برنامه تمرینی و نوع تمرینات طراحی‌شده مربوط باشد. یافته‌ها نشان داده‌اند که محدودسازی جریان خون می‌تواند در بهبود قدرت عضلانی نقش مؤثری ایفا کند. احتمالاً این اثر ناشی از سازوکارهای گوناگونی است که در اثر انسداد نسبی جریان خون حین تمرین فعال می‌شوند؛ از جمله افزایش متابولیت‌ها، پاسخ‌های هورمونی قوی‌تر، فعال‌سازی مسیرهای سیگنالی داخل سلول، ایجاد تورم سلولی و تحریک واحدهای حرکتی بیشتر. در همین راستا، طبق نظر اسکات^۱ و دیگران (۲۰۱۴)، هنگام اجرای تمرین مقاومتی همراه با انسداد جریان خون، به‌دلیل تخلیه منابعی مانند فسفوکراتین، تجمع لاکتات و افزایش فسفات غیرآلی، سطح pH در عضله کاهش می‌یابد (۱۹). این وضعیت موجب افزایش بار متابولیکی شده که یکی از مکانیزم‌های کلیدی برای اثرگذاری این نوع تمرین محسوب می‌شود (۲۵). شواهد علمی حاکی از آن است که رشد قدرت در اثر این تمرینات با تکثیر و تمایز سلول‌های ماهواره‌ای مرتبط بوده و تحریک تارهای عضلانی در فرآیندهای کشش و انقباض می‌تواند مسیرهایی مانند mTOR را، حتی بدون نیاز به هورمون‌های رشد، فعال سازد (۱۹). تورم سلولی یکی دیگر از مکانیسم‌هایی است که در اثر تمرین با محدودیت جریان خون مطرح شده است. در این شرایط، محیط‌های موضعی کم‌اکسیژن ایجاد شده و غالب بودن مسیرهای بی‌هوازی، باعث تولید بیشتر متابولیت‌ها می‌شود. این وضعیت باعث حرکت آب به درون سلول برای برقراری تعادل اسمزی شده و به دنبال آن، سنتز پروتئین افزایش یافته و تجزیه پروتئین کاهش می‌یابد. علاوه‌براین، این تورم می‌تواند موجب فعال‌سازی سلول‌های ماهواره‌ای و مشارکت آن‌ها در هایپرتروفی عضلانی شود؛ که این فرآیند به‌واسطه ایجاد فشار بر غشای سلولی و فعال‌سازی مسیرهای سیگنال‌دهی آنابولیک مانند mTOR و MAPK، اتفاق می‌افتد

به افزایش بسیار شدید هورمون رشد تا ۲۹۰ برابر سطح استراحت می‌شود، اگر چه اختلاف آماری معنی‌داری با گروه فاقد محدودیت جریان خون ندارد (۱۲). به نظر می‌رسد تفاوت بین یافته‌های آنان و نتایج مطالعه حاضر ناشی از تعداد بیشتر ست‌ها و تکرارها در تحقیق مذکور باشد، زیرا تحقیقات متعددی نشان داده‌اند که شدت و مدت تمرین می‌تواند تأثیر متفاوتی بر ترشح هورمون رشد داشته باشد. به طور کلی، یافته‌های این تحقیق نشان داد که تمرینات با شدت پایین همراه با محدودیت جریان خون، تأثیری مشابه تمرینات مقاومتی سنتی با شدت بالا بر سطوح هورمون رشد دارند. همان‌گونه که انتظار می‌رفت، محدودیت جریان خون به‌رغم شدت کم تمرین، پاسخ هورمونی مشابهی با تمرین شدیدتر ایجاد نمود. هرچند تفاوت معنی‌داری میان گروه‌های تمرینی از لحاظ ترشح هورمون رشد مشاهده نشد، با این حال، نتایج نشان می‌دهد که تحریک فیزیولوژیکی حاصل از محدودیت جریان خون، می‌تواند نقش مؤثری در فعال‌سازی ترشح هورمون رشد ایفا کند.

تستوسترون یکی از هورمون‌های آنابولیک مهم محسوب می‌شود که میزان ترشح آن به شدت تمرین وابسته است. شواهد نشان می‌دهد که تمرینات مقاومتی شدید، محرک مؤثرتری برای افزایش سطوح تستوسترون است (۲۵). پژوهش‌های متعددی نشان داده‌اند که تمرین مقاومتی با شدت بالا می‌تواند باعث افزایش غلظت تستوسترون نسبت به مقادیر پایه شود (۶). به‌عنوان نمونه، افزایش ترشح این هورمون در تمریناتی با حجم بالا گزارش شده است. همچنین، بررسی‌های هوپر^۲ و دیگران (۲۰۱۷) نشان داد که تستوسترون نقش کلیدی در پاسخ‌های فیزیولوژیک به تمرین مقاومتی ایفا می‌کند. با این حال، نتایج برخی پژوهش‌ها از افزایش مزمن سطوح پایه‌ای تستوسترون حکایت دارند، در حالی که برخی دیگر چنین تغییری را نشان نداده‌اند (۳۱). در مطالعه حاضر، با وجود افزایش نسبی سطح تستوسترون در هر سه گروه تمرینی، تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها مشاهده نشد. ممکن است شدت بالای تمرین، تعداد بالای حرکات، یا زمان استراحت کوتاه بین ست‌ها و ایستگاه‌ها؛ از عوامل مؤثر در این افزایش بوده باشند. چنین شرایطی می‌تواند محیطی آنابولیک‌تر ایجاد

در هر سه نوع تمرین مورد بررسی (تمرین مقاومتی سنتی، تمرین برون‌گرا با و بدون محدودیت جریان خون) تغییراتی را تجربه کرد. با این حال، نتایج نشان داد که پس از تمرین مقاومتی سنتی و نیز تمرین برون‌گرا همراه با محدودیت جریان خون، سطوح این هورمون افزایش بیشتری دارد. به طور کلی، شواهد موجود بیانگر آن است که حتی تمرینات مقاومتی با شدت کم و همراه با محدودیت جریان خون نیز می‌توانند به اندازه تمرینات شدیدتر، موجب تحریک ترشح هورمون رشد شوند (۱۳). یکی از فرضیه‌های مطرح در زمینه تأثیر تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون، نقش تحریک گیرنده‌های حسی عضلات، به‌ویژه آوران‌های عصبی نوع III و IV است. این گیرنده‌ها در اثر فشار ناشی از کاف، در معرض شرایط هایپوکسی و اسیدوز متابولیکی قرار می‌گیرند و حتی در فواصل استراحت بین ست‌ها نیز به‌طور مداوم فعال باقی می‌مانند. این شرایط، با تحریک پایدار این گیرنده‌ها، می‌تواند نقش بسزایی در افزایش ترشح هورمون رشد ایفا کند. از سوی دیگر، تجمع لاکتات در عضله نقش تعیین‌کننده‌ای در تنظیم ترشح هورمون رشد در پاسخ به تمرین دارد. زمانی که جریان خون محدود می‌شود، دسترسی عضله به اکسیژن کاهش می‌یابد و تجمع لاکتات افزایش پیدا می‌کند. این لاکتات به‌دلیل کاهش بازگشت و انتقال به کبد و سایر بافت‌ها، در محل باقی مانده و به تحریک بیشتر ترشح هورمون رشد منجر می‌شود (۲۵). افزایش شدت تمرین نیز با افزایش فشارهای درون‌سلولی همراه است و تمریناتی که بار بی‌هوازی بالاتری ایجاد می‌کنند، معمولاً ترشح بیشتری از هورمون رشد را تحریک می‌نمایند (۱۳). مروری که توسط لوئنگه و دیگران (۲۰۱۰) انجام شد، نشان داد که تمرینات مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون، پتانسیل بالاتری برای افزایش مایوستاتین و هورمون رشد (نسبت به سایر هورمون‌ها) دارند (۲۹). همچنین، مطالعه شیمیزو^۱ و دیگران (۲۰۱۶) که بر روی ۴۰ مرد سالمند انجام شد، افزایش قابل توجهی در سطوح پلاسمایی هورمون رشد تا ۳/۵ برابر را در گروه دارای محدودیت جریان خون پس از چهار هفته تمرین گزارش کرد (۳۰). در مطالعه‌ای دیگر، تاکارادا و دیگران (۲۰۰۰) دریافتند که تمرین با ۲۰ درصد یک تکرار بیشینه و محدودیت جریان خون، منجر

وضعیت روانی آزمودنی‌ها بود. همچنین پیشنهاد می‌شود در آینده پژوهش‌هایی با ابزارهای دقیق‌تر سنجش توده عضلانی مانند DEXA یا MRI و بر روی نمونه‌های مرد و زن با شدت‌ها و حجم‌های مختلف تمرینی، به‌ویژه در حوزه تمرینات برون‌گرا با محدودیت جریان خون؛ انجام گیرد تا واقعیت‌هایی در این زمینه مشخص شود.

نتیجه‌گیری: در مجموع، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بین سه روش تمرینی در بهبود اثرات ناشی از تمرین اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. 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. با توجه به این امر پیشنهاد می‌شود، مربیان فوتبال از تمرین مقاومتی برون‌گرا با محدودیت جریان خون به‌منظور 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 ورزشی (عصب و عضله) می‌باشد. بدین وسیله نویسندگان از کلیه افرادی که به‌عنوان نمونه در این مطالعه شرکت نموده و موجبات انجام تحقیق را فراهم نموده‌اند، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

کند، مشروط بر آن‌که فشار تمرینی کافی اعمال شود (۳۲). به‌طور کلی، تمرینات شدید می‌توانند غلظت تستوسترون خون را به‌طور موقتی افزایش دهند (۳۳، ۶). همچنین، نوع پروتکل تمرینی (شامل شدت، مدت و نحوه اجرا) می‌تواند بر مقدار افزایش تستوسترون تأثیرگذار باشد (۳۳). برخی شواهد بیان می‌کنند که بلافاصله پس از تمرین مقاومتی، سطح تستوسترون افزایش می‌یابد (۳۴). اما در پژوهش جنسن^۱ و دیگران (۱۹۹۱) چنین تغییری مشاهده نشد؛ که با یافته‌های پژوهش حاضر نیز همسو است (۲۵). افزایش تستوسترون در گردش خون ممکن است به دلیل تولید لاکتات در طول تمرین باشد (۳۳)؛ از سوی دیگر، محدودیت جریان خون نیز می‌تواند با ایجاد شرایط هایپوکسی و افزایش تجمع لاکتات، ترشح این هورمون را تحریک کند (۲۵). بر این اساس، می‌توان حدس زد که افزایش تستوسترون در این مطالعه تحت تأثیر تجمع لاکتات ناشی از محدودیت جریان خون بوده است. با وجود این، تفاوت نتایج مطالعات مختلف درباره تأثیر تمرینات مقاومتی بر سطوح تستوسترون، حاکی از پیچیدگی سازوکارهای درگیر در پاسخ هورمونی به تمرین است. بنابراین، نبود تغییر معنی‌دار در سطح این هورمون در هر سه گروه تمرینی مطالعه حاضر، ممکن است به ویژگی‌های پروتکل تمرینی نظیر حجم، شدت و زمان استراحت مرتبط باشد. از آنجا که عوامل زیادی می‌توانند بر ترشح تستوسترون تأثیر بگذارند، نیاز به مطالعات بیشتر با کنترل دقیق متغیرها همچنان احساس می‌شود. محدودیت‌های این پژوهش شامل کنترل نکردن کامل رژیم غذایی، فعالیت‌های بدنی روزمره و

منابع

1. Haff GG, Ferrete CA. Effects of plyometric and sprint training on physical and technical skill performance in adolescent soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2015; 29(7):1894-1903. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000838>
2. Yasuda T, Fukumura K, Tomaru T, Nakajima T. Thigh muscle size and vascular function after blood flow-restricted elastic band training in older women. *Oncotarget*. 2016;7(23):33595. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.9564>
3. Law TD, Clark LA, Clark BC. Resistance exercise to prevent and manage sarcopenia and dynapenia. *Annual Review of Gerontology & Geriatrics*. 2016;36(1):205. <https://doi.org/10.1891/0198-8794.36.205>
4. Park SY, Kwak YS, Harveson A, Weavil JC, Seo KE. 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: official journal of the Korean Physiological Society and the Korean Society of Pharmacology. 2015; 19(3):191. <https://doi.org/10.4196/kjpp.2015.19.3.191>
5. Borde R, Hortobágyi T, Granacher U. Dose–response relationships of resistance training in healthy old adults: a systematic review and meta-analysis. Sports Medicine. 2015;45(12):1693-720. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0385-9>
6. Cruz-Jentoft AJ, Landi F, Schneider SM, Zúñiga C, Arai H, Boirie Y, Chen LK, Fielding RA, Martin FC, Michel JP, Sieber C. Prevalence of and interventions for sarcopenia in ageing adults: a systematic review. Report of the International Sarcopenia Initiative (EWGSOP and IWGS). Age and Ageing. 2014; 43(6):748-59. <https://doi.org/10.1093/ageing/afu115>
7. Vechin FC, Libardi CA, Conceição MS, Damas FR, Lixandrão ME, Berton RP. 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. 2015;29(4):1071-6. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000703>
8. Pope ZK, Willardson JM, Schoenfeld BJ, Emmett JD, Owen JD. Hypertrophic and strength responses to eccentric resistance training with blood flow restriction: A pilot study. International Journal of Sports Science & Coaching. 2015;10(5):919-31. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.10.5.919>
9. Lixandrão ME, Ugrinowitsch C, Laurentino G, Libardi CA, Aihara AY, Cardoso FN. Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. European Journal of Applied Physiology. 2015;115(12):2471-80. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3253-2>
10. Schoenfeld BJ, Ogborn DI, Vigotsky AD, Franchi MV, Krieger JW. Hypertrophic effects of concentric vs. eccentric muscle actions: a systematic review and meta-analysis. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2017;31(9):2599-608. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001983>
11. Nakajima T, Kurano M, Iida H, Takano H, Oonuma H, Morita T, Meguro K, Sato Y, Nagata T. Use and safety of KAATSU training: results of a national survey. International Journal of KAATSU Training Research. 2006;2(1):5-13. <https://doi.org/10.3806/ijktr.2.5>
12. Takarada Y, Nakamura Y, Aruga S, Onda T, Miyazaki S, Ishii N. Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. Journal of Applied Physiology. 2000;88(1):61-5. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.1.61>
13. Amiri R, Esfarjani F, Marandi SM. Comparison of metabolic some hormones response to resistance training with different intensity with and without blood flow restriction in active girls. Sport Physiology. 2018;10(37):185-202. [In Persian]. <https://doi.org/10.22089/SPJ.2018.1172>
14. Basereh A, Ebrahim K, Hovanloo F, Dehghan P, Khoramipour K. Effect of blood flow restriction deal during isometric exercise on growth hormone and testosterone active males. Sport Physiology. 2017;9(33):51-68. [In Persian]. <https://doi.org/10.22089/SPJ.2017.924>
15. Smilios I, Pilianidis T, Karamouzis M, Tokmakidis SP. Hormonal responses after various resistance exercise protocols.

Medicine & Science in Sports & Exercise. 2003;35(4):644-54. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000058366.04460.5f>

16. Ishii N, Madarame H, Odagiri K, Naganuma M, and Shinoda K. Circuit training without external load induces hypertrophy in lower-limb muscles when combined with moderate venous occlusion. International Journal of KAATSU Training Research. 2005;1(1):24-8. <https://doi.org/10.3806/ijktr.1.24>

17. Khajehlandi M, Janbozorgi M. 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. Feyz Medical Sciences Journal. 2018;22(3):318-24. <https://doi.org/10.29252/jcbr.2.2.5>

18. Mostafaloo A, Hosseini Kakhak SA, Haghighi AH. The effect of low intensity eccentric training with blood flow restriction on muscle volume and physical function of male soccer players. Sport Physiology. 2020;12(46):77-94. [In Persian]. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003737>

19. Scott BR, Slattery KM, Sculley DV, Dascombe BJ. Hypoxia and resistance exercise: a comparison of localized and systemic methods. Sports Medicine. 2014;44(8):1037-54. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0177-7>

20. Assumpcao CO, Tibana RA, Viana LC, Willardson JM, Prestes J. Influence of exercise order on upper body maximum and submaximal strength gains in trained men. Clinical Physiology and Functional Imaging. 2013;33(5):359-63. <https://doi.org/10.1111/cpf.12036>

21. Bird SP, Tarpenning KM, Marino FE. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. Sports Medicine. 2005;35(10):841-51. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535100-00002>

22. Wilson JM, Lowery RP, Joy JM, Loenneke JP, Naimo MA. Practical blood flow restriction training increases acute determinants of hypertrophy without increasing indices of muscle damage. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2013;27(11):3068-75. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e31828a1ffa>

23. Hoseini Kakhak SA, Sharifi Moghadam A, Hamedinia MR, Azarniveh MS. 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. 2011;10:95-114. [In Persian]. <https://doi.org/10.22059/JSB.2012.22000>.

24. Goto K, Ishii N, Kizuka T, Kraemer RR, Honda Y, Takamatsu K. Hormonal and metabolic responses to slow movement resistance exercise with different durations of concentric and eccentric actions. European Journal of Applied Physiology. 2009;106(5):731-9. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1075-9>

25. Reeves GV, Kraemer RR, Hollander DB, Clavier J, Thomas C, Francois M, Castracane VD. Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion. Journal of Applied Physiology. 2006;101(6):1616-22. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00440.2006>

26. Yasuda T, Loenneke JP, Thiebaud RS, Abe T. Effects of detraining after blood flow-restricted low-intensity concentric or eccentric training on muscle size and strength. The Journal of Physiological Sciences. 2015;65(1):139-44. <https://doi.org/10.1007/s12576-014-0345-4>

27. Kraemer WJ, Ratamess NA. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. Sports

Medicine. 2005;35(4):339-61. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535040-00004>

28. Mostafaloo A, Hosseini Kakhak SA, Haghighi AH. 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*. 2018;8(1):61-77. [In Persian]. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003737>

29. Loenneke JP, Pujol TJ. The use of occlusion training to produce muscle hypertrophy. *Strength & Conditioning Journal*. 2009;31(3):77-84. <https://doi.org/10.1519/ssc.0b013e3181a5a352>

30. Shimizu R, Hotta K, Yamamoto S, Matsumoto T, Kamiya K, Kato M, Hamazaki N. Low-intensity resistance training with blood flow restriction improves vascular endothelial function and peripheral blood circulation in healthy elderly people. *European Journal of Applied Physiology*. 2016;116(4):749-57. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3328-8>

31. Hooper DR, Kraemer WJ, Focht BC, Volek JS, DuPont WH, Caldwell LK. Endocrinological roles for testosterone in resistance exercise responses and adaptations. *Sports Medicine*. 2017;47(9):1709-20. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0698-y>

32. Kraemer WJ, Patton JF, Gordon SE, Harman EA, Deschenes MR, Reynolds KA, Newton RU, Triplett NT, Dziados JE. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of Applied Physiology*. 1995;78(3):976-89. <https://doi.org/10.1152/jappl.1995.78.3.976>

33. Liu TC, Kuo CH, Wang PS. Exercise and testosterone. *Adaptive Medicine*. 2009;1(1):26-31. <https://doi.org/10.3390/ijms20030647>

34. Maestripieri D, M. Baran N, Sapienza P, Zingales L. Between-and within-sex variation in hormonal responses to psychological stress in a large sample of college students. *Stress*. 2010;13(5):413-24. <https://doi.org/10.3109/10253891003681137>