The Effect of Training with Blood Flow Restriction on The Levels of Growth Hormone, Insulin Like Growth Factor-1, Lactate and Vascular Endothelial Growth Factor: A Review Article

Received:
2024/11/15
Accepted:
2025/01/10
Online ISSN

Mohammad Babaei
1. Department of Sports Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology,University of Mohaghegh Ardabili , Ardabil. Iran.
Samaneh Hadi
2. PhD student in sports physiology, Department of Sports Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.
Belal Mahdavi
PhD student in sports physiology, Department of Sports Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.
Milad Madanchiha
PhD student in sports physiology, Department of Sports Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.
Ameneh pourrahim
Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

*Correspondence:
Mohammad Babaei
Email:
m.babaei9674@gmail.com
orcid/0009-0007-0207-984X

ABSTRACT

Purpose: Resistance Training with new Training Methods, such as Blood Flow Restriction, which is mostly done with Low Intensity, results in Different Physiological Responses and Effects. Adaptations such as Increasing Muscle Mass, Increasing Muscle Strength and Endurance, Increasing Muscle Metabolites, Increasing The Secretion of Angiogenic Factors and also Increasing The amount of Anabolic Hormones such as Growth Hormone and Insulin Like Growth Factor-1 as a Result of Performing These Exercises. Has been Due to Performing These Exercises with Different Methods such as Endurance Training with Blood Flow Restriction and Acute and Chronic Exercises, Other Studies have reported Conflicting Results. The study of the Effect of Training with Blood Flow Restriction Has always been Controversial, and The Effect of Training with Blood Flow Restriction Has not yet been fully Determined. It is This Lack of Information that makes It Important to carry out Further Studies in The Field of Determining The Effect of Physical Activity with Blood Flow Restriction on Physiological Responses and Sports performance.
Materials and Methods: This Study, with The Aim of Investigating Some of The Hormonal Adaptations of Training with Blood Flow Restriction, Studies and Analyzes 30 Research Articles that have been Prepared from Reliable Scientific Databases and Draws Conclusions.
Conclusion: According to The Findings of The Present Study, Blood Flow Restriction Training Is probably a Suitable way to Increase The Levels of Growth Hormone, Insulin Like Growth Factor-1, Lactate, and Vascular Endothelial Growth Factor and Achieve Positive Adaptations.
Keywords: Blood Flow Restriction, Lactate, Growth Hormone, Insulin Like Growth Factor-1, Vascular Endothelial Growth Factor

Extended Abstract

Introduction: triction Exercises and Hormonal Responses Blood flow restriction (BFR) exercises, also known as Katsu training, involve reducing muscle blood flow during exercise using devices like cuffs. This technique, originating in Japan, has been shown to produce positive adaptations even with low-intensity physical activity (10-30% of maximum power). BFR decreases oxygen flow to the muscles, increasing the role of fast-twitch (type 2) muscle fibers, which are important for enhancing muscle strength.

Hormones and Factors Associated with Strength and Hypertrophy

Growth Hormone (GH): Secreted by the anterior pituitary gland, GH affects body tissues. BFR exercises promote muscle hypertrophy through various mechanisms, with GH being a primary driver of hypertrophy and increased muscle strength. It enhances muscle protein synthesis, leading to increased muscle mass.

Insulin-like Growth Factor-1 (IGF-1): BFR exercises increase IGF-1 concentration, which helps increase muscle mass and strength, similar to high-intensity resistance exercises. IGF-1, secreted from the liver, mediates GH's effects on cells, stimulating body growth and skeletal muscle development.

Lactate: A key metabolite of glycolysis, lactate is slowly released into the bloodstream at rest. During intense activities, muscles rapidly produce lactate, increasing its intracellular concentration and subsequent output into blood flow. Lactate is crucial for gluconeogenesis in the liver and serves as an oxidation substrate in muscles. Lactate levels typically increase during BFR exercises, stimulating growth hormone secretion.

Hormones and Factors Associated with Angiogenesis

Angiogenesis: This is the formation of new capillaries from existing ones, increasing muscle capillary density. It begins with endothelial cell proliferation and migration, leading to capillary sprouting.

Vascular Endothelial Growth Factor (VEGF): This is a potent mitogen for endothelial cells, associated with angiogenesis in response to stimuli like hypoxia, shear stress, muscle contraction, cytokines, hypoxia-induced factor (HIF-1), and growth hormone. Hypoxia during BFR exercises is a key regulator of VEGF.

Research Findings

Lubres et al. (2014): Demonstrated that American football athletes who trained with blood flow restriction 4 times a week for 7 weeks increased maximum strength in squat and chest press, as well as muscle cross-sectional area.

Manimanakor et al. (2013): Found that female naps who performed front and back resistance training with BFR for 5 weeks, 3 sessions a week, improved muscle strength and endurance, muscle cross section and neuromuscular adjustment compared to a group without blood flow restriction.

Yamanaka et al. (2012): Reported that American football athletes who underwent 4 weeks of breast and squat resistance training with blood flow restriction 3 times a week increased maximum power in breast and squat presses, compared to a group without blood flow restriction.

Takada et al. (2012): Showed that endurance and speed training with blood flow restriction enhanced endurance and metabolic stress.

Cook et al. (2014): Indicated that semi-professional rugby men who engaged in Squat, Breast Press and Barfix resistance training three sessions per week improved maximum squat power, breast press and jump performance with blood flow restriction.

Kim et al. (2014): Observed simultaneous increases in catabolic and anabolic hormones with low-intensity resistance training (20% of maximum repetition) combined with blood flow restriction.

Nasserkhani et al. (2015): Noted that a bandwidth session with blood flow restriction increased growth hormone, insulin-1 factor, and cortisol in young girls compared to pre-exercise values.

Busereh et al. (2016): Found that growth hormone levels increased with increased pressure of blood flow limitation.

Takarada et al. (2000): Demonstrated that frontal movement with blood flow restriction led to higher levels of growth hormone, catacholamine, and lactic acid compared to unrestricted blood flow.

Piterson et al. (2013): Reported that knee opening exercises with 20% of maximum repetition and blood flow limitation increased VEGF and Interlookin-1 in the blood flow limitation group than blood flow.

Shiamizo et al. (2016): Reported that four weeks of resistance exercise (20% of a maximum repetition) with blood flow limited increased the serum concentration of VEGF and growth hormone

Larkin et al. (2012): Reported that the increase in VEGF serum concentrations in elderly men and youth in the BFR group was significantly higher than the group without blood flow

Aghaei et al. (2019): Found increased growth hormone values, VEGF, and lactate in rock climbers training with blood stream restraint compared to those without.

Hosseini Kakhak et al. (2015): Observed a significant increase in lactate but no significant increase in growth hormone in both exercise groups (with and without blood flow restriction).

Taylor et al. (2016): Reported that blood flow limited practice did not have a significant effect on the expression of the VEGF gene.

Methodology

A review of studies was conducted in September and October 2023, using databases such as PubMed, Science Direct, Med Line, SID, and Google Scholar. The search terms included "blood flow restriction," "blood flow restriction training," and "effects of blood flow restriction." Articles from 2000 to 2023 were included.

Effects of BFR on Hormone Levels

Growth Hormone (GH): The increase in GH after moderate to high-intensity exercise is due to increased sympathetic nervous system activity, leading to epinephrine and norepinephrine secretion and stimulation of central adrenergic neurons. BFR-induced hypoxia also contributes to higher GH concentrations due to metabolite accumulation. Nitric oxide (NO) also plays a role in controlling GH release. The intensity of exercise and arterial pressure are critical factors, and differences in GH secretion may relate to training level, body composition, gender, and age.

Insulin-like Growth Factor (IGF-1): BFR leads to anabolic signals inside muscle cells, increasing cell swelling, metabolic stress, and muscle fiber recruitment without significant muscle damage. IGF-

1 stimulates satellite cell proliferation, increasing the DNA-to-cytoplasm ratio and protein synthesis. Contradictory findings regarding IGF-1 levels may be due to the delayed response of IGF-1, which can peak up to 16 hours post-exercise, and the type of activity (aerobic vs. resistance).

Lactate: Increased lactate levels during BFR are attributed to greater muscle fiber recruitment and reduced oxygen supply. Lactate accumulation enhances the exercise response. Hypoxia increases metabolic pressure, causing fast-twitch muscles to be used earlier, which increases metabolite production, particularly H+. This increase in metabolites and acidification stimulates the release of anabolic hormones like GH.

Vascular Endothelial-Derived Growth Factor (VEGF): Local hypoxia is a primary inducer of vascular angiogenesis via increased VEGF expression, regulated by hypoxia-inducible factor (HIF-1). BFR exercises increase VEGF, improving oxygen delivery to muscles and capillary filtration capacity by creating intramuscular hypoxia. Some studies however do not find changes in VEGF.

In summary, blood flow restriction exercises can be an effective method for improving muscle strength, endurance, and hypertrophy, and for modulating various hormonal and metabolic responses. However, results vary depending on specific protocols, populations studied, and other factors.

تأثیر تمرینات با محدودیت جریان خون بر سطوح هورمون رشد، عامل رشد شبه انسولین -۱ ، لاکتات و عامل رشد اندوتلیال عروقی: مقاله مروری

تاریخ ارسال:
۱۴۰۳/۰۸/۲۳
تاریخ پذیریش:
۱۴۰۳/۱۰/۱۶
شاپا الکترونیکی
۳۰۴۱-۸۶۶۶

محمد بابائی
دان۱۵شجوی دکترای فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
سمانه هادی
دانشجوی دکترای فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
بلال مهدوی
دانشجوی دکترای فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
میلاد معندچی‌ها
دانشجوی دکترای فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
آمنه پوررحیم
دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

* نویسنده مسئول: محمد بابائی
ایمیل: m.babaei9674@gmail.com
orcid/0009-0007-0207-984X

چکیده

هدف: فعالیت مقاومتی با شیوه‌های نوین تمرینی مانند محدودیت جریان خون که بیشتر با شدت پایین انجام می‌شود، پاسخ‌ها و تأثیرات فیزیولوژیکی متفاوتی را به دنبال دارد. سازگاری-هایی مانند افزایش توده عضلانی، افزایش قدرت و استقامت عضلانی، افزایش متابولیت‌های عضلانی، افزایش ترشح عوامل رگ‌زا و همچنین افزایش مقادیر هورمون‌های آنابولیک مانند هورمون رشد و عامل رشد شبه انسولین - ۱ در نتیجه انجام این تمرینات گزارش شده است. به دلیل انجام این تمرینات با شیوه‌های مختلف مانند اجرای تمرینات استقامتی با محدودیت جریان خون و اجرای تمرینات به صورت حاد و مزمن، مطالعات دیگر نتایج ضد و نقیضی را گزارش کرده‌اند. مطالعه تأثیر فعالیت ورزشی با محدودیت جریان خون همیشه بحث برانگیز بوده است و هنوز تأثیر تمرینات ورزشی با محدودیت جریان خون بصورت کامل مشخص نشده است. همین کمبود اطلاعات است که انجام مطالعات بعدی در زمینه تعیین تأثیر فعالیت ورزشی با محدودیت جریان خون را بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی و عملکرد ورزشی حائز اهمیت می‌کند.

روش کار: این مطالعه با هدف بررسی برخی از سازگاری‌های هورمونی تمرینات با محدودیت جریان خون، تعداد ۳۰ عدد مقاله پژوهشی را که از پایگاه‌های معتبر علمی تهیه شده‌اند را مورد مطالعه و بررسی قرار داده و نتیجه گیری می‌کند.

بحث و نتیجه گیری: با توجه به یافته‌های مطالعه حاضر، تمرینات با محدودیت جریان خون احتمالاً روش مناسبی برای افزایش سطوح هورمون رشد، عامل رشد شبه انسولین-۱، لاکتات، عامل رشد عروقی مشتق از اندوتلیال و دستیابی به سازگاری‌های مثبت تمرینی باشد.

واژگان کلیدی: محدودیت جریان خون، لاکتات، هورمون رشد، عامل رشد شبه انسولین- ۱، عامل رشد اندوتلیال عروقی

مقدمه

تمرینات با محدودیت جریان خون[1] (BFR) یا کاتسو به تمریناتی گفته می‌شود که شامل کاهش جریان خون عضله با به کار بردن وسیله‌ای مانند کاف فشار خون و دستگاه‌های مستر کاتسو است. براساس شواهد این روش تمرینی با وجود انجام فعالیت بدنی با شدت کم (۱۰ تا ۳۰ درصد حداکثر قدرت بیشینه) سازگاری‌های مثبت تمرینی ایجاد می‌کند. این نوع تمرین برای اولین بار توسط ژاپنی‌ها ابداع شد (۱, ۲). در تمرینات BFR کاهش جریان خون عضله منجر به کاهش جریان اکسیژن می‌شود. در این تمرین‌ها نیروی تولید شده توسط تارهای تند انقباض (نوع ۲)، نقش مهمی در افزایش قدرت عضلانی دارد و منبع اصلی توان و قدرت عضله به حساب می‌آیند. نشان داده شده است که اندازه و قدرت عضله در پیاده روی ساده با محدودیت جریان خون عضلات پا افزایش می‌یابد. در این تمرینات بند یا شریان بند به قسمت فوقانی عضو بسته می‌شود تا جریان خون از بالاترین نقطه محدود شود (۳). به منظور دستیابی به اهدافی همچون افزایش هورمون رشد، سنتز پروتئین و افزایش حجم عضله، کالج پزشکی ورزشی آمریکا (ACSM) شدت تمرینی بین ۷۰ تا ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه را توصیه می‌کند (۴). پژوهش‌ها نشان می‌هد فشارهای مکانیکی ناشی از تمرینات مقاومتی با شدت زیاد (بیشتر از ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه)، غلظت شاخص‌های فشار مکانیکی و متابولیکی مانند لاکتات و هورمون رشد را افزایش می‌دهند که خود دلیلی بر افزایش قدرت و هایپرتروفی عضله می‌باشد (۵, ۶). با این حال محققان دریافته اند که در تمرینات BFR با بارهای کمتر در حدود ۱۰ تا ۳۰ درصد حداکثر ظرفیت کاری می‌توان به سازگاری‌هایی مانند افزایش سطوح هورمون‌های آنابولیکی، افزایش عوامل رگ‌زا، افزایش توده عضلانی، افزایش قدرت و استقامت عضلانی دست یافت (۴, ۷). از طرفی تیلور و همکاران[2] (۲۰۱۶) و رجبی و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که تأثیر تمرینات با محدودیت جریان خون بر مقادیر هورمون رشد و لاکتات[3] معنی دار نبوده است(۸, ۹). براساس گزارش پیترسون و همکاران[4] (۲۰۱۳) سطوح IGF-1 پلاسما پس از وهله حاد تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون در مردان مسن تغییری نشان نداد(۱۰). همچنین باسره و همکاران[5] (۲۰۱۷) گزارش دادند که تمرینات با BFR تأثیر معنی داری بر عوامل رگ‌زا (VEGF) و هورمون رشد ندارد (۱۱). با آن که محققان و دانشمندان علوم ورزشی به دنبال دستیابی به راهکارهای کارآمدتر برای بهبود عملکرد ورزشی هستند، تاکنون تأثیرات فعالیت ورزشی با مقاومت جریان خون بر هورمون رشد، عامل رشد شبه انسولین – ۱، فاکتورهای رشد عروقی و لاکتات به صورت کامل مشخص نشده است. هدف این مطالعه بررسی تحقیقات قبلی و نتیجه گیری در مورد تأثیر این تمرینات بر سطوح هورمون رشد، عامل رشد شبه انسولین – ۱، فاکتورهای رشد عروقی و لاکتات است.

هورمون‌ها و عوامل مرتبط با قدرت و هایپرتروفی[6]

هورمون رشد[7](GH) از بخش قدامی غده هیپوفیز ترشح می‌شود و روی بافت‌های بدن که قابلیت رشد دارند، تأثیر می‌گذارد. تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون از طریق مکانیسم‌های مختلف باعث هایپرتروفی عضلانی می‌شود. متداول ترین مکانیسم شناخته شده افزایش سطح هورمون رشد (GH) بعد از این تمرینات، عامل اصلی هایپرتروفی و به دنبال آن افزایش قدرت عضلانی است. این هورمون از طریق افزایش سطح سنتز پروتئین‌های عضله، نقش مهمی در هایپرتروفی عضله اسکلتی بعد از تمرینات مقاومتی ایفا می‌کند. استفاده از محدودیت جریان خون در کنار فعالیت مقاومتی یا انواع دیگر فعالیت‌های ورزشی،

[1] - Blood flow restriction training
[2]- Taylor et al
[3]- Lactat
[4] - Paterson et al
[5] - Basereh et al
[6] - Hypertrophy
[7] - Growth Hormon

از طریق افزایش غلظت عامل رشد شبه انسولینی – ۱[8] (IGF-1) باعث افزایش حجم توده عضلانی و متعاقباً افزایش قدرت عضلانی مشابه با تمرینات مقاومتی سنتی با شدت بالا می‌شود. IGF-1 یک عامل آنابولیک است که از کبد ترشح می‌شود. در واقع IGF-1 میانجی اصلی اثر گذاری GH بر سلول‌ها می‌باشد که رشد نظام‌مند بدن را تحریک کرده و باعث رشد و نمو تمامی سلول‌های بدن به ویژه عضلات اسکلتی می‌شود (۱۲).

لاکتات

لاکتات از متابولیت‌های مهم گلیکولیز بی‌هوازی است. در حالت استراحت عضلات به آرامی لاکتات را به جریان خون رها می‌کنند. در طی فعالیت‌های ورزشی مخصوصاً فعالیت‌های کوتاه مدت با شدت زیاد، عضلات به سرعت لاکتات تولید می‌کنند. این امر منجر به افزایش غلظت لاکتات داخل سلولی می‌شود که در نهایت با افزایش در برون ده خالص لاکتات از عضلات به جریان خون همراه است (۱۳). لاکتات واسطه متابولیکی بسیار مهمی است که به عنوان پیش ساز فرآیند گلوکونئوژنز در کبد انجام وظیفه می‌کند. همچنین به عنوان سوبسترای اکسایشی در عضلات استفاده می‌شود (۱۴). در بیشتر مطالعات نشان داده شده است که در پی تمرینات همراه با محدودیت جریان خون سطوح لاکتات افزایش پیدا می‌کند. تجمع لاکتات و ایجاد محیط اسیدی باعث تحریک ترشح هورمون رشد می‌شود (۱۵, ۱۶).

هورمون‌ها و عوامل مرتبط با رگ‌زایی (آنژیوژنز[9])

آنژیوژنز به معنی شکل گیری مویرگ جدید از مویرگ‌های قبلی است که موجب افزایش چگالی مویرگی عضله می‌شود. فرآیند آنژیوژنز با تکثیر و مهاجرت سلول‌های اندوتلیال آغاز شده و به شکل جوانه زدن و دو نیم شدن رگ تکامل یافته صورت می‌گیرد. عامل رشد اندوتلیالی عروق[10] (VEGF) قوی ترین میتوژن سلول‌های اندوتلیالی مرتبط با آنژیوژنز است که در پاسخ به محرک‌هایی مانند هایپوکسی، فشار برشی، انقباض و کشش عضله، انواع سایتوکاین‌ها[11]، فاکتور القا شونده با هایپوکسی[12] (HIF-1) و هورمون رشد بر مهاجرت و تکثیر سلول‌های اندوتلیال تأثیر گذاشته و القا شود (۱۷). اگرچه همه این عوامل در تنظیم VEGF مشارکت دارند اما هایپوکسی که در خلال تمرینات BFR ایجاد می‌شود مهم ترین تنظیم کننده رگ‌زایی است (۱۸).

نتایج مطالعات

لوبرس و همکاران[13] (۲۰۱۴) با مطالعه ۶۲ ورزشکار مرد فوتبالیست آمریکایی نشان دادند ۴ جلسه تمرین در هفته به مدت ۷ هفته با محدودیت جریان خون باعث افزایش حداکثر قدرت بیشینه در حرکت اسکوات و پرس سینه و همچنین افزایش سطح مقطع عضلانی می‌شود (۱۹).

مانیماناکور و همکاران[14] (۲۰۱۳) با مطالعه ۳۰ زن نت بالیست که به مدت ۵ هفته و ۳ جلسه در هفته تمرین مقاومتی جلو پا و پشت پا را با روش BFR انجام دادند، اعلام کردند که قدرت و استقامت عضلانی و همچنین سطح مقطع عضلانی نسبت به گروه بدون محدودیت جریان خون افزایش یافته و سازگاری عصبی عضلانی بهبود یافته بود (۲۰).

یاماناکا و همکاران[15] (۲۰۱۲) با بررسی ۴ هفته تمرینات مقاومتی پرس سینه و اسکوات با انسداد جریان خون بر روی قدرت و

[8] - Insulin-like growth factor
[9] - Angiogenesis
[10] - Endothelial growth factor
[11] - Cytokine
[12] - Hypoxia-inducible factor-1
[13] - Luebbers et al
[14] - Manimmanakorn et al
[15]- Yamanaka et al

استقامت بالاتنه و پایی تنه ۳۲ ورزشکار فوتبال آمریکایی گزارش کردند ۳ جلسه تمرین در هفته با محدودیت جریان خون باعث افزایش حداکثر قدرت بیشینه در حرکت پرس سینه و اسکوات نسبت به گروه بدون محدودیت جریان خون شده بود (۲۱).

تاکادا و همکاران[16] (۲۰۱۲) با مطالعه مقطعی روی ۱۲ روزشکار دو و میدانی کار استقامتی و سرعتی، نشان دادند که تمرین با محدودیت جریان خون اوج اکسیژن مصرفی در استقامتی کارها نسبت به سرعتی کارها شده و استرس متابولیکی حین تمرین در استقامتی کارها بیشتر بود (۲۲).

کوک و همکاران[17] (۲۰۱۴) با مطالعه ۲۰ مرد نیمه حرفه‌ای راگبی اعلام کردند که سه هفته تمرینات مقاومتی اسکوات، پرس سینه و بارفیکس بصورت ۳ جلسه در هفته باعث افزایش حداکثر قدرت بیشینه اسکوات، پرس سینه و بهبود معنی دار پرش درجا و دو سرعت در گروه تمرین با محدودیت جریان خون شد (۲۳).

در مطالعه کیم و همکاران[18] (۲۰۱۴) افزایش همزمان هورمون‌های کاتابولیکی و آنابولیکی را با تمرینات مقاومتی با شدت پایین (۲۰ درصد یک تکرار بیشینه) همراه با محدودیت جریان خون مشاهده کردند (۲۴).

نتایج تحقیق ناصرخانی و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که یک جلسه راه رفتن روی نوارگردان با محدودیت جریان خون باعث افزایش معنی‌دار هورمون رشد، عامل رشد شبه انسولین – ۱ و کورتیزول دختران جوان در مقایسه با مقادیر پیش از ورزش شد (۲۵).

در تحقیق باسره و همکاران (۲۰۱۶) میزان هورمون رشد در همه فشارها نسبت به قبل فعالیت افزایش یافته است. همچنین با افزایش فشار محدودیت جریان خون، میزان هورمون رشد بیشتر افزایش پیدا کرده است (۱۱).

تاکارادا و همکاران[19] (۲۰۰۰) با مطالعه مقطعی شش ورزشکار که حرکت جلوپا را با محدودیت جریان خون انجام دادند، نشان دادند که با محدودیت جریان خون مقادیر هورمون رشد، کاتکولامین و اسیدلاکتیک نسبت به گروه بدون محدودیت جریان خون بیشتر بود (۶).

پیترسون و همکاران[20] (۲۰۱۳) با مطالعه هفت مرد سالمند سالم نشان دادند انجام ۵ ست بازکردن زانو با ۲۰ درصد یک تکرار بیشینه به همراه محدودیت جریان خون باعث افزایش بیشتر مقادیر VEGF و اینترلوکین – ۱ در گروه محدودیت جریان خون نسبت به گروه بدون محدودیت جریان خون بود (۱۰).

شی‌میزو و همکاران[21] (۲۰۱۶) گزارش کردند که چهار هفته تمرین مقاومتی (۲۰ درصد یک تکرار بیشینه) با محدودیت جریان خون باعث افزایش بیشتر غلظت سرمی VEGF و هورمون رشد شد (۲۶).

لارکین و همکاران[22] (۲۰۱۲) گزارش کردند که افزایش غلظت سرمی VEGF در مردان سالمند و جوانان در گروه BFR بطور معنی داری بیشتر از گروه بدون محدودیت جریان خون بود (۲۷).

آقائی و همکاران (۲۰۱۹) با مطالعه ۴ هفته تمرین سنگ نوردی با محدودیت جریان خون روی ۲۰ زن و مرد سنگ نورد نخبه اعلام کردند که مقادیر هورمون رشد، VEGF و لاکتات در گروه محدودیت جریان خون نسبت به گروه بدون محدودیت جریان خون افزایش بیشتری پیدا کرده بود (۲۸).

16 - Takada et al
17 - Cook et al
18 - Kim et al
19 -Takarada et al
20 - Peterson et al
21 - Shimizu et al
22 - Larkin et al

حسینی کاخک و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی پاسخ‌های هورمونی دختران دانشجو به فعالیت مقاومتی سبک با و بدون محدودیت جریان خون پرداختند. ۱۴ دختر داوطلب دانشجو به سه گروه کنترل، تمرین با محدودیت جریان خون و تمرین بدون محدودیت جریان خون تقسیم شدند و به صورت متقاطع و به فاصله یک هفته از آزمون‌ها پروتکل تمرینی را اجرا کردند. برنامه تمرین مقاومتی شدید شامل ۳ ست با ۷۰ الی ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه بود که تا خستگی اجرا می‌گردید و برنامه مقاومتی سبک که با محدودیت جریان خون انجام می‌شد شامل ۳ ست با ۲۰ الی ۳۰ درصد یک تکرار بیشینه بود. بعد از بررسی نمونه‌های جمع آوری شده، افزایش معنی‌دار لاکتات و افزایش غیر معنی دار هورمون رشد را در هر دو گروه تمرینی مشاهده کردند. از طرفی مقادیر تستوسترون، کورتیزول و انسولین در هر دو گروه تغییری نسبت به گروه کنترل نداشته است (۲۹).

همچنین تیلور و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که تمرین با محدودیت جریان خون تأثیر معنی‌داری بر بیان ژن VEGF نداشته است (۸).

جدول ۱: نتایج سایر مطالعات

ردیف	نویسندگان مطالعه	آزمودنی‌ها	نوع مداخله	نتایج
۱	لی‌ینگاو و همکاران[23] (۲۰۲۱) (۳۰)	۲۵ مرد دانشجو در سه گروه کنترل، تمرین با شدت پایین پایین + BFR و شدت بالا	تمرین مقاومتی حاد با شدت ۴۰ و ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه	افزایش معنی‌دار GH و IGF-1 در گروه تمرین مقاومتی با شدت پایین + BFR
۲	صابری و همکاران (۲۰۱۷) (۳۱)	۲۰ مرد جودوکار در دو گروه تمرین با و بدونBFR	سه جلسه تمرین مقاومتی با شدت ۲۰ الی ۳۰ درصد یک تکرار بیشینه در هفته به مدت ۸ هفته	افزایش معنی‌دار GH و IGF در دو گروه
۳	زرآور و همکاران (۱۴۰۰) (۳۲)	۳۰ زن غیر ورزشکار سالمند در سه گروه کنترل، تمرین در آب با و بدون BFR	هشت هفته تمرین هوازی در آب بصورت سه جلسه در هفته	افزایش معنی‌دار GH و IGF-1 در گروه تمرین با BFR
۴	یانگانگ و همکاران[24] (۲۰۲۲)(۳۳)	۱۸ زن یائسه در سه گروه کنترل، تمرین مقامتی با ۳۰ درصد یک تکرار بیشینه و تمرین مقاومتی +BFR	فعالیت مقاومتی حاد با شدت پایین (۳۰ درصد یک تکرار بیشینه)	افزایش معنی دار لاکتات، GH و IGF-1 در گروه تمرین با BFR
۵	خواجه لندی و جان بزرگی (۲۰۱۸)(۳۴)	۳۰ دختر بسکتبالیست در سه گروه تمرین مقاومتی سنتی، تمرین با BFR، کنترل	یک جلسه تمرین مقاومتی+ BFR با شدت ۳۰ درصد یک تکرار بیشینه تمرین مقاومتی سنتی با شدت ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه	افزایش معنی‌دار GH در دو گروه تمرینی. افزایش معنی‌دار لاکتات در سه گروه
۶	وکیلی و همکاران	۲۰ مرد سنگ‌نورد نخبه در دو گروه تمرین مقاومتی با و بدون	تمرین مقاومتی با و بدون BFR با شدت۳۰ درصد یک	افزایش معنی‌دار لاکتات، GH و IGF-1 در گروه

[23] - Li Yinghao et al
[24] - Yangguang et al

	(۲۰۲۲)(۳۵)	BFR	تکرار بیشینه سه جلسه در هفته، به مدت ۴ هفته	تمرین مقاومتی + BFR
۷	حیدری و همکاران (۱۳۹۵)(۳۶)	۱۰ مرد جوان	فعالیت مقاومتی حاد + BFR	افزایش معنی‌دار لاکتات، GH و IGF-1 در گروه تمرین مقاومتی + BFR
۸	وکیلی و همکاران (۲۰۲۲)(۳۷)	۲۰ مرد میانسال در دو گروه تمرین مقاومتی با و بدون BFR	چها رهفته به صورت ۳ جلسه در هفته تمرین مقاومتی + BFR با ۲۰ درصد 1-RM. تمرین مقاومتی با ۸۰ درصد 1-RM	افزایش معنی‌دار GH در گروه تمرین مقاومتی + BFR
۹	ژوزه و همکاران [۲۵](۲۰۲۲)(۳۸)	۲۰ مرد جوان در دو گروه تمرین مقاومتی با و بدون BFR	فعالیت مقاومتی حاد با و بدون BFR با شدت ۲۰ و ۷۵ درصد 1- RM	افزایش معنی‌دار GH در گروه تمرین مقاومتی + BFR
۱۰	عبادی فر و همکاران (۱۳۹۹)(۳۹)	۲۰ سنگ‌نورد زن و مرد جوان در دو گروه تمرین سنگ‌نوردی با و بدون BFR	چهار هفته بصورت ۳ جلسه در هفته تمرین سنگ‌نوردی	افزایش معنی‌دار GH عدم تغییر معنی‌دار IGF-1
۱۱	حوصله و همکاران[۲۶] (۲۰۲۱)(۴۰)	۲۰ مرد جوان در دو گروه تمرین BFR+ و کنترل	تمرین مقاومتی+BFR با ۳۰ درصد 1-RM به مدت ۱۲ هفته	افزایش معنی‌دار IGF-1
۱۲	امانی و همکاران (۲۰۱۹)(۴۱)	۱۲ مرد فوتسالیست در دو گروه تمرین با و بدون BFR	تمرینات ویژه فوتسال	عدم افزایش معنی‌دار IGF- 1
۱۳	محمدی و همکاران (۲۰۱۳)(۴۲)	۳۰ مرد جوان در ۳ گروه تمرین مقاومتی + BFR، تمرین مقاومتی و کنترل	تمرین مقاومتی + BFR با شدت ۲۰ درصد 1-RM. تمرین مقاومتی با شدت ۸۰ درصد 1-RM. به مدت ۳ هفته سه جلسه در هفته	افزایش معنی‌دار IGF-1 و GH در گروه تمرین+ BFR
۱۴	چوبینه و همکاران (۱۳۹۸)(۴۳)	۳۶ پسر نوجوان در ۳ گروه کنترل، تمرین مقاومتی با شدت بالا و تمرین مقاومتی با BFR	یک جلسه تمرین مقاومتی با و بدون BFR	افزایش معنی‌دار IGF-1 در گروهBFR و عدم افزایش معنی‌دار GH
۱۵	شریفی و همکاران (۲۰۲۰)(۴۴)	۴۰ مرد جوان در ۴ گروه تمرین مقاومتی با و بدون BFR	تمرینات حاد و مزمن مقاومتی با BFR	افزایش معنی‌دار GH افزایش معنی‌دار VEGF

[25] - José et al
[26] - Hoseleh et al

روش‌کار

این مطالعه با تمرکز بر موضوع بررسی اثرات هورمونی تمرینات با محدودیت جریان خون در شهریور و مهر ماه ۱۴۰۲ انجام شد. از پایگاه‌های مقالات Pub Med، Science Direct، Med Line، SID و Google Scholar در این مطالعه استفاده گردید. جستجوی اولیه شامل اصطلاحات محدودیت جریان خون، آموزش محدودیت جریان خون و تأثیرات محدودیت جریان خون بود. مقالات استفاده شده در این مطالعه در محدوده زمانی بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳ بودند.

بحث و نتیجه گیری

تأثیر تمرینات با محدودیت جریان خون بر سطح هورمون رشد (GH)

یکی از دلایل افزایش هورمون رشد پس از تمرینات با شدت متوسط و زیاد را افزایش فعالیت دستگاه عصبی سمپاتیک عنوان کرده‌اند. افزایش فعالیت دستگاه سمپاتیک سبب ترشح اپی نفرین و نوراپی نفرین و تحریک نورون‌های مرکزی آدرنرژیک شده که در پی آن میزان ترشح هورمون رشد افزایش می‌یابد (۴۵, ۴۶). افزایش سطوح هورمون رشد در تمرینات با محدودیت جریان خون را می‌توان به شرایط هایپوکسی نسبت داد که موجب تجمع متابولیت‌ها و در نتیجه افزایش غلظت هورمون رشد به مقدار بیشتری در مقایسه با تمرینات مقاومتی سنتی می‌شود (۴۷). یکی از اصلی ترین دلایل افزایش هورمون رشد در تمرینات با محدودیت جریان خون، به افزایش میزان اسیدلاکتیک و نیتریک اکساید (NO) نسبت داده شده است. نیتریک اکساید به عنوان یکی از مهم ترین انتقال دهنده‌های درون سلولی و بین سلولی، نقش مهمی در کنترل رهاسازی هورمون رشد از محور هیپوفیز – هیپوتالاموس دارد (۴۸). از آنجا که شدت تمرین در تحقیقاتی که مقادیر متفاوتی از سطوح هورمون رشد را گزارش کرده‌اند، احتمالاً به میزان فشار شریان بند که دلیل اصلی تفاوت مطالعات مختلف است بستگی دارد. براساس نتایج بسیاری از تحقیقات دلایل تفاوت در مقادیر ترشح هورمون رشد را به عواملی مانند سطح تمرین، ترکیب بدنی (درصد چربی بالاتر و توده عضلانی کمتر)، جنسیت (مرد در مقابل زن) و سن آزمودنی‌ها (میانسال در مقابل جوان) نسبت داده میشود (۴۹).

تأثیر تمرینات با محدودیت جریان خون بر سطح عامل رشد شبه انسولینی (IGF-1)

گزارش شده است که استفاده از روش محدودیت جریان خون (BFR) منجر به سیگنال‌های آنابولیکی درون سلول عضلانی، افزایش تورم سلولی، افزایش استرس متابولیکی و افزایش فراخوانی تار عضلانی بدون افزایش شاخص‌های آسیب عضلانی می‌شود. از سوی دیگر IGF-1 تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای را تحریک می‌کند. مطابق مطالعات یکی از عملکردهای اولیه پاسخ‌های هورمونی و ایمنی به تمرینات محدودیت جریان خون، فعال سازی سلول‌های ماهواره‌ای است. تمرینات با محدودیت جریان خون با افزایش تعداد سلول‌های ماهواره‌ای از طریق پیوند سلول‌های ماهواره‌ای با تارهای عضلانی موجود باعث افزایش نسبت DNA به حجم سیتوپلاسم و بالا رفتن سنتز پروتئین در تارها می‌شود (۵۰). با این‌حال برخی از مطالعات عدم تغییر معنی دار IGF-1 را در شرایط تمرین با محدودیت جریان خون گزارش کردند (۱۰, ۲۷, ۴۵). یکی از دلایل تناقض در پژوهش‌ها را می‌توان به پاسخ تأخیری IGF-1 نسبت داد به طوری که می‌تواند تا ۱۶ساعت بعد از تمرین به اوج برسد (۳۵). بنابراین زمان اندازه‌گیری IGF-1 می‌تواند یکی از دلایل تناقضات بین مطالعات باشد. همچنین جنسن و همکاران (۲۰۱۶) با مطالعه اثر تمرین هوازی با محدودیت جریان خون روی مردان نشان داد که یک دوره ۲۰ روزه تمرین هوازی با محدودیت جریان خون تأثیر معنی داری بر سطوح IGF-1 ندارد (۵۰). تفاوت نوع فعالیت ورزشی (هوازی و مقاومتی) احتمالا می‌تواند از دلایل دیگر تناقضات بین مطالعات باشد (۵۱).

تأثیر تمرینات با محدودیت جریان خون بر سطوح لاکتات

دلایل احتمالی افزایش لاکتات در تمرینات با محدودیت جریان خون را می‌توان به بکارگیری تارهای عضلانی بیشتر و کاهش اکسیژن رسانی نسبت داد (۵۰). افزایش تجمع لاکتات عضلانی حین فعالیت ورزشی با محدودیت جریان خون باعث ترشح لاکتات به درون گردش خون و در نتیجه تقویت پاسخ‌های ناشی از آن به انجام فعالیت ورزشی می‌شود (۵۲). در فعالیت همراه با محدودیت جریان خون و در نتیجه کمبود اکسیژن در دسترس، فشار متابولیکی افزایش می‌یابد و عضلات کند انقباض خیلی زود خسته می‌شوند و باعث تکیه بر عضلات تند انقباض و موجب افزایش تولید متابولیت‌ها به ویژه H^+ می‌شود (۵۳). افزایش غلظت متابولیت‌ها، اسیدی شدن محیط داخل عضله، افزایش H^+ و کاهش دسترسی بافتی به اکسیژن خون باعث آزاد سازی هورمون‌های آنابولیکی مانند هورمون رشد از محور هیپوفیز – هیپوتالاموس می‌شود (۲۶, ۵۴).

تأثیر تمرینات با محدودیت جریان خون بر سطح عامل رشد عروقی مشتق از اندوتلیال (VEGF)

هایپوکسی موضعی در سطح بافت مهم ترین عامل و محرک القای آنژیوژنز عروقی از طریق افزایش سطح بیان و غلظت VEGF است. تنظیم بیان VEGF در پاسخ به هایپوکسی تا حدود زیادی از طریق فاکتور القا شونده با هایپوکسی (HIF-1) تنظیم می‌شود. ژن VEGF شامل یک توالی نظارتی بالا دست می‌باشد که بیان آن را تنظیم می‌کند و هنگامی که با HIF-1 باند می‌گردد رونویسی آن افزایش می‌یابد. تحت شرایط هایپوکسی HIF-1 به هسته مهاجرت می‌کند و محرک مهم برای بیان VEGF و بیش از صد ژن هدف دیگر درگیر فرآیندهای رگ‌زایی، گلبول سازی و و متابولیسم گلوکز می‌شود (۵۵). مطالعات گزارش کرده‌اند تمرینات با انسداد جریان خون با افزایش VEGF و به این وسیله تحویل اکسیژن به عضله و ظرفیت فیلتراسیون مویرگی را با ایجاد هایپوکسی درون عضلانی بهبود می‌بخشد (۵۶–۵۸). از طرفی تیلور و همکاران (۲۰۱۶) همکاران گزارش کردند که میزان فاکتورهای آنژیوژنز بلافاصله بعد از تمرین کاهش یافت. علت عدم افزایش در فاکتورهای آنژیوژنز را احتمالاً می‌توان به پایین بودن شدت فعالیت نسبت داد که منجر به افزایش معنی دار VEGF نشده است (۸).

نتیجه گیری

با توجه به نتایج مطالعه حاضر به نظر می‌رسد تمرینات با محدودیت جریان خون روش مناسبی برای افزایش سطوح هورمون رشد، عامل رشد شبه انسولین –۱، لاکتات، عامل رشد عروقی مشتق از اندوتلیال و دستیابی به سازگاری‌های مثبت تمرینی باشد.

منابع:

Yasuda T, Meguro M, Sato Y, Nakajima T. Use and safety of KAATSU training: results of a national survey in 2016. International Journal of KAATSU Training Research. 2017;13(1):1-9.
Sato Y. The history and future of KAATSU training. International Journal of KAATSU Training Research. 2005;1(1):1-5.
Iida H, Nakajima T, Kurano M, Yasuda T, Sakamaki M, Sato Y, et al. Effects of walking with blood flow restriction on limb venous compliance in elderly subjects. Clinical physiology and functional imaging.٦-٤٧٢:(٦)٣١;٢٠١١ .
Slysz J, Stultz J, Burr JF. The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. Journal of science and medicine in sport. 2016;19(8):669-75.
Fujita T, WF B, Kurita K, Sato Y, Abe T. Increased muscle volume and strength following six days of low-intensity resistance training with restricted muscle blood flow. International Journal of KAATSU Training Research. 2008;4(1):1-8.
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.
Mouser JG, Mattocks KT, Dankel SJ, Buckner SL, Jessee MB, Bell ZW, et al. Very-low-load resistance exercise in the upper body with and without blood flow restriction: cardiovascular outcomes. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 2019;44(3):288-92.
Taylor CW, Ingham SA, Ferguson RA. Acute and chronic effect of sprint interval training combined with postexercise blood-flow restriction in trained individuals. Experimental physiology. 2016;101(1):143-54.
Rajabi H. Acute and chronic effect of pedaling activity with leg vascular occlusion on serum levels of vascular endothelial-derived growth factor (VEGF) in healthy young men. Tarbiat Moalem University-Tehran, Faculty of Physical Education and Sports Sciences. 2014.
Patterson SD, Leggate M, Nimmo MA, Ferguson RA. Circulating hormone and cytokine response to low-load resistance training with blood flow restriction in older men. European journal of applied physiology. 2013;113:713-9.
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.
Loenneke J, Wilson J, Wilson G, Pujol T, Bemben M. Potential safety issues with blood flow restriction training. Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2011;21(4):510-8.
Gladden LB. Muscle as a consumer of lactate. Medicine and science in sports and exercise. 2000;32(4):764-71.
Ehrman J GP, Visich P, Keteyian S. Clinical Exercise Physiology. 4E: Human Kinetics. 2018.
Hoffman JR, Im J, Rundell KW, Kang J, Nioka S, SPEIRING BA, et al .Effect of muscle oxygenation during resistance exercise on anabolic hormone response. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2003;35(11):1929-34.
Laurentino G, Ugrinowitsch C, Aihara A, Fernandes A, Parcell A, Ricard M, et al. Effects of strength training and vascular occlusion. International journal of sports medicine. 2008:664-7.
Wagner PD. The critical role of VEGF in skeletal muscle angiogenesis and blood flow. Biochemical Society Transactions. 2011;39(6):1556-9.
Østergaard L, Tietze A ,Nielsen T, Drasbek KR, Mouridsen K, Jespersen SN, et al. The relationship between tumor blood flow, angiogenesis, tumor hypoxia, and aerobic glycolysis. Cancer research. 2013;73(18):5618-24.
Luebbers PE, Fry AC, Kriley LM, Butler MS. The effects of a 7-week practical blood flow restriction program on well-trained collegiate athletes. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2014;28(8):2270-80.
Manimmanakorn A, Hamlin MJ, Ross JJ, Taylor R, Manimmanakorn N. Effects of low-load resistance training combined with blood flow restriction or hypoxia on muscle function and performance in netball athletes. Journal of science and medicine in sport. 2013;16(4):337-42.
Yamanaka T, Farley RS, Caputo JL. Occlusion training increases muscular strength in division IA football players. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2012;26(9):2523-9.
Takada S, Okita K, Suga T, Omokawa M, Morita N, Horiuchi M, et al. Blood flow restriction exercise in sprinters and endurance runners. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2012;44(3):413-9.
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):166-72.
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):91.
Naserkhani F. The effect of a treadmill exercise session with blood flow restriction on serum levels of growth hormone, insulin-like growth factor-1 and cortisol in inactive female students. Research in university sports. 2015;3.
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. European journal of applied physiology. 2016;116:749-57.
Larkin KA ,MacNeil RG, Dirain M, Sandesara B, Manini TM, Buford TW. Blood flow restriction enhances post–resistance exercise angiogenic gene expression. Medicine and science in sports and exercise. 2012;44(11):2077.
aghaei m, vakili j, Amirsasan R. THE EFFECT OF ROCK CLIMBING WITH OR WITHOUT BLOOD FLOW RESTRICTION ON EXERCISE INDUCED RESPONSES OF VASCULAR ENDOTHELIAL GROWTH FACTOR AND GROWTH HORMONE IN ELITE CLIMBERS: AN INTERVENTION TRIAL. Studies in Medical Sciences. 2019;30(5):405-14.
Hosseini Kakhk SAR ,Zamand P, Haghighi AH, Khademosharie M. Comparison of hormonal responses to strength training with and without blood flow restriction. Journal of Sport Biosciences. 2015;7(3):391-405.
Yinghao L, Jing Y, Yongqi W, Jianming Z, Zeng G, Yiting T, et al. Effects of a blood flow restriction exercise under different pressures on testosterone, growth hormone, and insulin-like growth factor levels. Journal of International Medical Research. 2021;49(9):03000605211039564.
Sabri K, Fathi M, Hejazi K. The Effect of Eight Weeks Resistance Training With and Without Vascular Occlusion on Physical Fitness Indexes, Growth Hormone, and Insulin-like Growth Factor in Male Judokas. Physical Treatments-Specific Physical Therapy Journal. 2017;7(3):149-56.
Zaraver L ,Nemati, J., Rezaei, R., Koshki, M., Daryanosh, F. The effect of eight weeks of water exercise with blood flow restriction on growth hormone, insulin-like growth factor-1 and bone metabolism in elderly women. Exercise physiology. 2022;13(51):69-92.
Chen Y, Wang J, Li S, Li Y. Acute effects of low load resistance training with blood flow restriction on serum growth hormone, insulin-like growth factor-1, and testosterone in patients with mild to moderate unilateral knee osteoarthritis. Heliyon. 2022;8(10.(
Khajehlandi M JM. 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 2018;22:24-318.
Vakili J, Amirsasan, A., Sanei, P. The effect of four weeks of resistance training with and without blood flow restriction on anabolic hormonal factors, nitric oxide and lactate in male rock climbers. Biological sciences of sports. 2022;14(1):33-48.
Heydari F, Hosseini ,R., Abbasian, P. Acute effect of katsu resistance training on growth hormone, insulin-like growth factor-1 and lactate in healthy young men. Biological sciences of sports. 2016;8(4):463-47.
Vakili J, Nikokhaslat, S., Pakzad, F. The effect of four weeks of resistance training with and without blood flow restriction on some anabolic and catabolic indicators of inactive middle-aged men. Sports Physiology and Physical Activity Journal of Shahid Beheshti University. 2022;15(1):45-56.
Vilaça-Alves J ,Magalhães PS, Rosa CV, Reis VM, Garrido ND, Payan-Carreira R, et al. Acute

hormonal responses to multi-joint resistance exercises with blood flow restriction. Journal of Functional Morphology and Kinesiology. 2022;8(1):3.
Ebadifar K, Homayi, H., Banifar, A. The effect of special exercises with blood flow restriction on basal serum levels of growth hormone, insulin-like growth factor 1 and plasma nitric oxide in elite athletes. Applied sports physiology research paper. 2020;16(31):166-55.
Hoseleh A ,Yaghoubi A, Ariamanesh AS, Rezaeian N. Effect of Blood Flow Restriction Training on Serum Levels of Some Muscle Growth Factors in Male Athletes after Anterior Cruciate Ligament Surgery. Age (year). 2021;27(3.42):25.62-2.55.
Amani-Shalamzari S, Farhani F, Rajabi H, Abbasi A, Sarikhani A, Paton C, et al. Blood flow restriction during futsal training increases muscle activation and strength. Frontiers in physiology. 2019;10:614.
Mohammadi S, Mehdizadeh, R., Khosh Del, A., Mirzaei, A. Effect of low-intensity resistance training with restricted blood flow on serum levels of hormones related to strength and muscle size in young men. Ibn Sina's Scientific Journal. 2013;15(4):45.
Chubineh S, Akbarnejad, A., Yari, M. Comparison of the response of growth hormone and insulin-like growth factor one to two types of resistance training with and without blood flow restriction in adolescent male athletes. Medical Journal of Tabriz University of Medical Sciences and Healthcare Services. 2019;41(4):40-8.
Sharifi S, Monazzami A, Nikousefat Z, Heyrani A, Yari K. The acute and chronic effects of resistance training with blood flow restriction on hormonal responses in untrained young men: A comparison of frequency. Cellular and Molecular Biology. 2020;66(1):1.٨-
Abe T, Yasuda T, Midorikawa T, Sato Y, CF K, Inoue K, et al. Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily “KAATSU” resistance training. International Journal of KAATSU Training Research. 2005;1(1):6-12.
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;95:65-73.
Godfrey RJ, Madgwick Z, Whyte GP. The exercise-induced growth hormone response in athletes. Sports medicine. 2003;33:599-613.
West DW, Kujbida GW, Moore DR, Atherton P, Burd NA, Padzik JP, et al. Resistance exercise-induced increases in putative anabolic hormones do not enhance muscle protein synthesis or intracellular signalling in young men. The Journal of physiology. 2009;587(21):5239-47.
Kraemer WJ, Staron RS, Hagerman FC, Hikida RS, Fry AC, Gordon SE, et al. The effects of short-term resistance training on endocrine function in men and women. European journal of applied physiology and occupational physiology. 1998;78:69-76.
Jensen AE, Palombo LJ, Niederberger B, Turcotte LP, Kelly KR. Exercise training with blood flow restriction has little effect on muscular strength and does not change IGF-1 in fit military warfighters. Growth Hormone & IGF Research. 2016;27:33-40.
Weltman A, Weltman JY, Womack CJ. Exercise training decreases the growth hormone (GH) response to acute constant load exercise. Occupational Health and Industrial Medicine. 1997;2(37):89.
Goto K. The impact of metabolic stress on hormonal respons. 2005.
Valério DF, Berton R, Conceição MS, Canevarolo RR, Chacon-Mikahil MPT, Cavaglieri CR, et al. Early metabolic response after resistance exercise with blood flow restriction in well-trained men: a metabolomics approach. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 2018;43(3):240-6.
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):567-74.

Lundby C, Calbet JA, Robach P. The response of human skeletal muscle tissue to hypoxia. Cellular and molecular life sciences. 2009;66:3615-23.

Patterson SD, Ferguson RA. Increase in calf post-occlusive blood flow and strength following short-term resistance exercise training with blood flow restriction in young women. European journal of applied physiology. 201.۳۳-۱۰۸:۱۰۲۵;۰

Kacin A, Strazar K. Frequent low-load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity. Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2011;21(6):e231-e41.

Evans C, Vance S, Brown M. Short-term resistance training with blood flow restriction enhances microvascular filtration capacity of human calf muscles. Journal of sports sciences. 2010;28(9):999-1007.