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.
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

Background and Aims: Blood restriction exercises (BFR) or Katsu are exercises that include reducing muscle blood flow by applying a device such as a cuff and Master Katsu apparatus. According to the evidence of this exercise method, despite the low intensity physical activity (10 to 30 percent maximum power), it creates positive exercise adjustments. This type of exercise was first invented by the Japanese (1,2). In BFR exercises, a decrease in muscle blood flow results in a decrease in oxygen flow. In these exercises, the force produced by the sharp contraction (type 2) plays an important role in enhancing muscle strength and is the main source of muscle strength and strength. It has been shown that the size and strength of the muscle in a simple walk increases with the limited blood flow of the leg muscles. In these exercises, the clause or artery is closed to the upper part of the organ to restrict blood flow from the highest point (3). In order to achieve goals such as increasing growth hormone, protein synthesis and increased muscle volume, the American Sports Medical College (ACSM) recommends a training severity of between 70 and 85 % of a maximum repetition (4). Research shows that the mechanical stress caused by high -intensity resistance training (more than 70 % of a maximum repetition) increase the concentration of mechanical and metabolic pressure indicators such as lactate and growth hormone, which is a reason to increase power. And it is muscle hypertrophy (5,6). However, researchers have found that in BFR exercises with less loads of about 10 to 30 percent maximum working capacity can be compatible with adaptations such as increased anabolic hormone levels, increased vein factors, increased muscle mass, increased strength and strength. Muscle Endurance (4,7). On the other hand, Taylor et al. (2016) and Rajabi et al. (2014) reported that the impact of blood flow restrictions on growth hormone values and lactate was not significant (8,9). According to Peterson et al. (2013), IGF-1 plasma levels did not change after the acute resistance training with the restriction of blood flow in the elderly (10). Basreh et al. (2017) also reported that BFR training had no significant effect on venous factors (VEGF) and growth hormone (11). Although sports scientists and scientists are seeking to achieve more efficient solutions to improve exercise performance, the effects of exercise with blood flow resistance on growth hormone, insulin -1 growth factor - vascular growth factors and lactate have not been fully identified. The aim of this study is to review previous research and draw conclusions about the effect of these exercises on the levels of growth hormone, insulin-like growth factor-1, vascular growth factors and lactate.

Hormones and factors associated with strength and hypertrophy

Growth hormone (GH) is secreted from the anterior part of the pituitary gland and affects the body's body tissues. Resistance exercise by restricting blood flow through different mechanisms causes muscle hypertrophy. The most commonly known mechanism of growth hormone growth (GH) after these exercises is the main cause of hypertrophy, followed by increased muscle strength. This hormone plays an important role in skeletal muscle hypertrophy by increasing the level of muscle protein synthesis. Using blood flow limitation along with resistive activity or other types of exercise activities, by increasing concentration of insulin-1 (IGF-1), increase muscle mass and subsequently increase muscle strength similar to traditional resistance exercises with high intensity resistance exercises It can be. IGF-1 is an anabolic factor that is secreted from the liver. In fact, IGF-1 is the main mediator of GH's effect on cells, which stimulates systematic growth of the body and causes the growth of all cells of the body, especially the skeletal muscles (12) .

Lactat

Lactat is one of the most important metabolites of glycolises. At rest, the muscles slowly release the lactate into the bloodstream. During sports activities, especially short -term activities, the muscles produce rapidly lactate. This results in an increase in intracellular lactate concentration, which is eventually associated with an increase in pure lactate output from muscles to blood flow (13). Lactat is a very important metabolic intermediary that performs the function of the gluconoogenies process

in the liver. It is also used as an oxidation substrate in the muscles (14). Most studies have shown that lactate levels increase in the following exercises with the restriction of blood flow. The accumulation of lactate and the creation of an acidic environment stimulates the secretion of growth hormone (15,16).

Hormones and factors associated with angiogenies

Angiogens mean the formation of a new capillaries from previous capillaries, which increases muscle capillary density. The process of angiogens begins with the proliferation and migration of endothelial cells and occurs in the form of germination and evolved vein. Endotylial growth agent (VEGF) is the strongest mitogen of endothelial cells associated with angiogens in response to stimuli such as hypoxia, shear pressure, muscle contraction and stretching, type of cytokines, hypoxy-induced factor (HIF- 1) And growth hormone affects and induces the migration and proliferation of endothelial cells (17). Although all of these factors are involved in the regulation of VEGF, the hypoxia created during BFR exercises is the most important vein regulator (18).

Results of Studies

Lubres et al. (2014) by studying 62 American footballer athletes showed that 4 sessions a week for 7 weeks with blood flow limited increased maximum strength in squat and chest pressing as well as increased muscle cross section (19).

Manimanakor et al. (2013), studying 30 female naps, who performed front and back resistance training for 5 weeks and 3 sessions a week with BFR, announced that muscle strength and endurance as well as muscle cross section relative to The group had increased without restriction of blood flow and improved neuromuscular adjustment (20).

Yamanaka et al. (2012) by examining 4 weeks of breast and squat resistance training with blood flow to the strength and endurance of the 32 American football athletes reported 3 sessions of exercise per week with blood flow limitation increased maximum power in maximum power in The movement of the breast and squat presses had become a blood flow to the group without limited blood flow (21).

Takada et al. (2012), by studying a 12 -day study of endurance and speed athletics, showed that training was more likely to work with the high endurance of the work and the metabolic stress during endurance (22).

Cook et al. (2014) by studying 20 semi -professional rugby men announced that Squat, Breast Press and Barfix resistance training three sessions per week increased maximum squat power, breast press and significant jump improvement and two in situ jump and two sessions. The speed in the exercise group was restricted by blood flow (23).

In the study of Kim et al. (2014), they observed the simultaneous increase in catabolic and anabolic hormones with low -intensity resistance training (20 % of a maximum repetition) with blood flow limitations (24).

The results of Nasserkhani et al. (2015) showed that a session on the bandwidth with blood flow limited increases the growth hormone, the factor of insulin -1 and young girls cortisol compared to pre -exercise values (25).

In the study of Busereh et al. (2016), growth hormone levels have increased at all pressures compared to the previous activity. Also, with the increased pressure of blood flow limitation, growth hormone levels have increased (11).

Takarada et al. (2000), by cross -sectional study of six athletes who conducted frontal movement by restricting blood flow, showed that with the limitation of blood flow, the growth of hormone, catacularine and lactic acid were higher than that of the blood flow (6).

Piterson et al. (2013) by studying seven healthy elderly men showed 5 sets of knee opening with 20 % of a maximum repetition with blood flow limitation to increase VEGF and Interlookin - 1 in the

blood flow limitation group than blood flow (10).
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 (26).
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 (27).
Aghaei et al. (2019) by studying 4 weeks of rock climbing training with 20 elite rolling men and women announced that growth hormone values, VEGF and lactate in the bloodstream restraint group than without blood flow. had found (28).
Hosseini Kakhak et al. (2015) examined the hormonal responses of student girls to light and without restriction of blood flow. 14 student volunteer girls were divided into three groups of control, blood flow, and no blood flow training, and executed the training protocol in cross -week. The severe resistive exercise program consisted of 3 sets with 70 to 80 percent of a maximum repetition that was performed until fatigue, and the light resistance program, which was performed with a blood flow limited, consisted of 3 sets with 20 to 30 percent of a maximum repetition. After examining the collected samples, they observed the significant increase in lactate and the non -significant increase in growth hormone in both exercise groups. On the other hand, testosterone, cortisol and insulin values in both groups have not changed from the control group (29).
Taylor et al. (2016) also reported that blood flow limited practice did not have a significant effect on the expression of the VEGF gene (8).

Table 1: The results of other studies

Row	Authors of Study	Subjects	The type of intervention	Results
1	Li Yinghao et al (2021)(30)	25 student male in three control groups, low intensity low intensity + BFR and high intensity	Acute resistance practice with Intensity of 40 and 70 percent a repetition of maximum	Significant increase in GH and IGF-1 in resistance group with low intensity + BFR
2	Saberi et al. (2017)(31)	20 judoka men in two groups of training with and without BFR	Three resistance training sessions with intensity of 20 to 30 percent a maximum repeat a week for 8 weeks	A significant increase in GH and IGF in two groups
3	Zar avar et al. (2021) (32)	30 non athlete women in three groups of control, water practice with and without BFR	Eight weeks of aerobic training in water as three sessions per week	A significant increase in GH and IGF-1 in the exercise group with BFR
4	Yangguang et al (2022) (33)	18 postmenopausal women in three control groups, training with 30 % one repetition and resistance training + BFR	Acute resistance activity with low intensity (30 % of a maximum repetition)	Significant increase in lactate, GH and IGF-1 in the exercise group with BFR
5	Khaje Landi and jan Bozorgi (2018) (34)	30 girl in three groups Traditional resistance	A resistance+ BFR training session with 30 % intensity a repetition	Significant increase in GH in two exercise

		exercise, exercise with BFR, control	of the maximum Traditional resistance exercise with 80 % intensity of a maximum repetition	groups. A Significant increase in lactate in three groups
6	Vakili et al. (2022) (35)	20 males of elite climber in two groups of resistance training with and without BFR	Resistor exercise with and without BFR with 30 % intensity a repetition of maximum Three sessions a week, for 4 weeks	Significant increase in lactate, GH and IGF-1 in Resistance exercise + BFR
7	Heidari et al. (2016) (36)	10 young men	Acute resistance exercise + BFR	Significant increase in lactate, GH and IGF-1 in Resistance exercise + BFR
8	Vakili et al. (2022) (37)	20 middle aged men in two groups of resistance training with and without BFR	Four weeks as 3 sessions per week Resistance + BFR with 20 % 1-RM. Resistance training with 80 % 1-RM	Significant increase in GH in the resistance training group + BFR
9	José et al. (2023) (38)	20 young men in two groups of resistance training with and without BFR	Acute resistance training with and without BFR With intensity of 20 and 75 percent 1-RM	Significant increase in GH in the resistance training group + BFR
10	Ebadi Far et al. (2020) (39)	20 young men and women climber in two groups of rock climbing with and without BFR	Four weeks to 3 sessions a week	A significant increase of GH Unsignificant change in IGF-1
11	Hoseleh et al (2021) (40)	20 young men in two groups of training + BFR and control	Resistance training +BFR With 30 percent 1-RM for 12 weeks	A significant increase in IGF-1
12	Amani et al. (2019) (41)	12 Futsalist men in two training groups with and without BFR	Futsal special training	Unsignificant increase in IGF-1
13	Mohammadi et al. (2013) (42)	30 young men in 3 groups Resistance Practice + BFR, Resistance Exercise and Control	Resistance training + BFR with 20 % intensity 1-RM. Resistance exercise at 80 % intensity 1-RM. For 3 weeks three sessions per week	A significant increase of IGF-1 and GH In the practice group+ BFR
14	Chubineh et al. (2019) (43)	36 teenage boys in 3 control groups, high - intensity resistance	A resistance training session with and without BFR	A significant increase in IGF-1 in BFR group

		training and BFR resistance training		And Unsignificant increase in GH
15	Sharifi et al. (2018) (44)	40 young men in 4 resistance training groups with and without BFR	Acute and chronic resistance exercises with BFR	A significant increase of GH A significant increase of VEGF

Method: This study was conducted with a focus on examining the hormonal effects of exercises with blood flow restriction in September and October 2023. Pub Med, Science Direct, Med Line, SID and Google Scholar databases were used in this study. The initial search included the terms blood flow restriction, blood flow restriction training, and effects of blood flow restriction. The articles used in this study were in the time range between 2000 and 2023.

Discussion

The effect of exercises with blood flow restriction on the level of growth hormone (GH)

One of the reasons for the increase in growth hormone after moderate and high intensity exercises is the increase in the activity of the sympathetic nervous system. The increase in the activity of the sympathetic system causes the secretion of epinephrine and norepinephrine and the stimulation of central adrenergic neurons, as a result of which the amount of growth hormone secretion increases (45, 46). The increase in growth hormone levels in blood flow-restricted exercises can be attributed to hypoxic conditions, which causes the accumulation of metabolites and, as a result, increases the concentration of growth hormone to a greater extent compared to traditional resistance exercises (47). One of the main reasons for the increase in growth hormone in exercises with blood flow restriction is attributed to the increase in lactic acid and nitric oxide (NO). As one of the most important intracellular and intercellular transmitters, nitric oxide plays an important role in controlling the release of growth hormone from the pituitary-hypothalamus axis (48). Since the exercise intensity in the studies that reported different amounts of growth hormone levels, it probably depends on the amount of arterial pressure, which is the main reason for the difference between the different studies. Based on the results of many researches, the reasons for the difference in the amount of growth hormone secretion are related to factors such as training level, body composition (higher percentage of fat and lower muscle mass), gender (male versus female) and age of subjects (middle-aged versus young) (49).

The effect of exercises with blood flow restriction on the level of insulin-like growth factor (IGF-1)

It has been reported that the use of blood flow restriction (BFR) method leads to anabolic signals inside the muscle cell, increase in cell swelling, increase in metabolic stress, and increase in muscle fiber recruitment without increasing muscle damage indicators. On the other hand, IGF-1 stimulates the proliferation of satellite cells. According to studies, one of the primary functions of hormonal and immune responses to blood flow restriction exercises is the activation of satellite cells. Exercises with blood flow restriction by increasing the number of satellite cells through the connection of satellite cells with the existing muscle fibers increase the ratio of DNA to the volume of cytoplasm and increase protein synthesis in the fibers (50). However, some studies reported no significant change in IGF-1 in exercise conditions with blood flow restriction (10, 27, 45). One of the reasons for the contradiction in research can be attributed to the delayed response of IGF-1, which can reach its peak up to 16 hours after exercise (35). Therefore, the time of measuring IGF-1 can be one of the reasons for the contradictions between studies. Also, Jensen et al. (2016) studied the effect of aerobic exercise

with blood flow restriction on men and showed that a 20-day period of aerobic exercise with blood flow restriction did not have a significant effect on IGF-1 levels (50). The difference in the type of sports activity (aerobic and resistance) can probably be another reason for the contradictions between studies (51).

The effect of exercise with blood flow restriction on lactate level

The possible reasons for lactate increase in exercises with blood flow limitation can be attributed to the use of more muscle fibers and reduced oxygen supply (50). The increase in muscle lactate accumulation during exercise with blood flow restriction causes lactate to be secreted into the blood circulation and as a result strengthens the response to exercise (52). In the activity with the limitation of the blood flow and as a result the lack of available oxygen, the metabolic pressure increases and the slow-twitch muscles get tired very quickly, which causes reliance on the fast-twitch muscles and increases the production of metabolites, especially H+. be (53). An increase in the concentration of metabolites, acidification of the environment inside the muscle, an increase in H+ and a decrease in tissue access to blood oxygen cause the release of anabolic hormones such as growth hormone from the pituitary-hypothalamus axis (26, 54).

The effect of exercise with blood flow restriction on the level of vascular endothelial-derived growth factor (VEGF)

Local hypoxia at the tissue level is the most important factor and stimulus for the induction of vascular angiogenesis through increasing the expression level and concentration of VEGF. Regulation of VEGF expression in response to hypoxia is largely regulated by hypoxia-inducible factor (HIF-1). The VEGF gene contains an upstream regulatory sequence that regulates its expression, and when it binds to HIF-1, its transcription increases. Under hypoxic conditions, HIF-1 migrates to the nucleus and becomes an important stimulus for the expression of VEGF and more than a hundred other target genes, involved in the processes of angiogenesis, globulation, and glucose metabolism (55). Studies have reported that exercises with blood flow obstruction increase VEGF and thereby improve oxygen delivery to the muscle and capillary filtration capacity by creating intramuscular hypoxia (56-58). On the other hand, Taylor et al. (2016) reported that the amount of angiogenesis factors decreased immediately after exercise. The reason for the lack of increase in angiogenesis factors can probably be attributed to the low activity intensity, which did not lead to a significant increase in VEGF (8).

Conclusion: According to the results of the present study, it seems that exercise with blood flow restriction is a suitable method for increasing the levels of growth hormone, insulin-like growth factor-1, lactate, vascular growth factor derived from endothelial and achieving positive training adaptations.

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
اورکید:
۰۰۰۹-۰۰۰۷-۰۲۰۷-۹۸۴X

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 BFR	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)		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):1.۸-

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.