

Cardiovascular responses (HRV, BP, and RPP) following a resistance exercise session with a training mask and blood flow restriction in In young male athletes

Abolfazl Rahmani¹, Javad Mehrabani^{*2}

Accepted 2024 May 2024; Receive 2024 July 09

Abstract

Aim: Resistance training with innovative training methods elicits various cardiac and vascular responses. Therefore, the main objective of this research was to investigate the rate pressure product, blood pressure response, and Cardiac Autonomic Function to resistance activity with a training mask and blood flow restriction in young male athletes. **Methods:** Eleven trained men (average age 29.2 ± 5.7 years and body mass index 25.3 ± 2.7 kg/m²) with a history of resistance training in the past year participated in a three-week randomized, crossover study using three different methods: traditional (control) resistance training (1RM 75%-80%), resistance training with blood flow restriction, and hypoxic masks (1RM 20%-50%). The resistance training consisted of one set of 20 repetitions and three sets of 15 repetitions of leg extension movements. Cardiovascular responses were recorded before, immediately after, and every 5 minutes for 60 minutes. The repeated measures analysis of variance method using SPSS software (version 23) was applied to examine the significance level of $p < 0.05$. **Results:** Based on the results obtained, each of the three training methods can lead to a significant increase in hemodynamic responses, including heart rate variability and blood pressure, except for diastolic blood pressure, following the activity. This increase was observed immediately after the exercise, but no significant difference was observed between the groups. ($p < 0.05$). **Conclusions:** The findings of this study indicate that a single bout of resistance exercise, with or without blood flow restriction and a hypoxia mask, does not result in distinct cardiovascular responses compared to each other. This study also significantly confirms the effectiveness of such exercise methods, showing that low-intensity exercises with restrictions can achieve goals expected from high-intensity exercises.



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

Keywords: Blood Flow Restriction, Hypoxia, Blood Pressure, Heart Rate, Athlete

1. PhD student in exercise physiology, Department of Exercise Physiology, University of Guilan, Rasht, Iran
2. Associate prof, Department of Exercise Physiology, University of Guilan, P.O. Box 1438, Guilan Province, Rasht, Iran
Corresponding author: mehrabanij@guilan.ac.ir

Cite as: Abolfazl Rahmani, Javad Mehrabani. Cardiovascular responses (HRV, BP, and RPP) following a resistance exercise session with a training mask and blood flow restriction in athletes. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2025; 12(1): 95-108.

Owner and Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

Journal ISSN (online): 2676-6507

Access Type: Open Access

DOI: 10.22049/jahssp.2024.29728.1653

:

Extended abstract

Background

Blood flow restriction during activity leads to a decrease in muscle blood flow through a tool like a blood pressure cuff, which can be a beneficial method in the sports and clinical fields. Conversely, systemic hypoxia enables muscles or large muscle groups to be impacted (1). Furthermore, heart rate is a suitable and readily available indicator for determining the intensity of physical activity. On the other hand, another non-invasive and practical indicator used to estimate the amount of oxygen consumed by the heart is the rate pressure product (RPP) (2). Furthermore, research results indicate that even a brief bout of intense activity can temporarily reduce resting blood pressure in the minutes and hours following the activity. This temporary reduction in blood pressure is referred to as post-exercise hypotension (PEH) (3). Heart rate variability has been used as a non-invasive method to assess heart rate modulation by the parasympathetic and sympathetic branches of the autonomic nervous system (4). Therefore, this research was conducted to investigate the impact of acute resistance exercise with a training mask and blood flow restriction on cardiovascular responses in athletes.

Methodology

In this study, 11 athletes (with a mean age of 29.18 ± 5.70 years and a body mass index of 25.27 ± 3.80 kg/m²) engaged in resistance exercise with and without a training mask, as well as blood flow restriction for three consecutive weeks. Blood flow restriction was achieved using a thigh pressure cuff and a training mask for hypoxia. Additionally, cardiovascular responses were collected before, immediately after, and every 5 minutes during a 60-minute session. The data were analyzed using SPSS version 23 software. Comparison the means of the research variables, was performed by mixed-design ANOVA, repeated measures ANOVA, and Bonferroni post-hoc analysis at a significance level of $p < 0.05$.

Results:

The results of this section of the study indicated that heart rate, myocardial oxygen cost, systolic blood pressure, diastolic blood pressure, and mean arterial blood pressure increased during resistance exercise in all three training methods. This increase showed no significant difference between groups but revealed intra-group differences, particularly in diastolic blood pressure. Additionally, there were no significant differences in heart rate, myocardial oxygen cost, systolic blood pressure, diastolic blood pressure, and mean arterial blood pressure before, immediately after, and at 5-60 minute intervals after resistance exercise with and without blood flow restriction and hypoxic masks. However, there were no differences in diastolic blood pressure and mean arterial blood pressure after exercise compared to before exercise in all three training methods, possibly due to the participants' physical readiness and the moderate intensity of the exercise. In the current study, an increase in systolic blood pressure (SBP), heart rate (HR), and rate-pressure product (RPP) was observed at all stages of exercise compared to the resting state, with the exception of diastolic blood pressure (DBP) and mean arterial pressure (MAP). It has been demonstrated that wearing a training mask can significantly increase oxygen consumption, heart rate, minute ventilation, inspiratory reserve volume, maximum heart rate, maximum oxygen consumption, and blood lactate compared to the control group (5). Furthermore, research has shown that hypoxia can increase the high-frequency power of heart rate variability (HRV) and decrease the low-frequency power of HRV (6).

Conclusion:

Performing resistance exercises with blood flow restriction and training masks enhances hemodynamic responses. Additionally, in most studies, the effects of blood flow restriction exercises have been reported to be greater than respiratory restriction methods such as training masks. However, very few studies have been conducted on cardiovascular responses related to different resistance training methods and the use of related training equipment. Therefore, coaches may consider low-intensity resistance training under blood flow restriction and hypoxic conditions as a potential training method for athletes who need to maintain physical fitness, cardiovascular health, muscle mass, and strength over a long season. Paying attention to this matter can be considered as a targeted and practical strategy in the field of exercise science.

Article message:

In most studies, the effects of blood flow restriction exercises have been reported to be greater than respiratory restriction methods such as training masks. However, it cannot be definitively stated which of these exercise methods can be more effective in achieving athletic and cardiovascular health goals. Therefore, it is recommended that future studies compare resistance, speed, and endurance exercises with and without blood flow restriction, training masks, and various types of cuffs and training masks, and examine their cardiovascular, vascular, and hormonal responses.



پاسخ هزینه اکسیژن میوکارد، فشار خون و عملکرد اتونوم قلب به فعالیت مقاومتی همراه با ماسک تمرینی و محدودیت جریان خون در مردان جوان ورزشکار

ابوالفضل رحمانی^۱، جواد مهربانی^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۹

چکیده

هدف: فعالیت مقاومتی با شیوه‌های نوین تمرینی پاسخ‌های قلبی و عروقی مختلفی را به همراه دارد. از این رو، هدف اصلی این پژوهش پاسخ هزینه اکسیژن میوکارد، فشار خون و عملکرد اتونوم قلب به فعالیت مقاومتی همراه با ماسک تمرینی و محدودیت جریان خون در مردان جوان ورزشکار بود. **روش پژوهش:** ۱۱ مرد تمرین کرده (با میانگین سنی $29/18 \pm 5/70$ سال و شاخص توده بدنی $25/27 \pm 3/80$ کیلوگرم بر متر مربع) و با سابقه فعالیت مقاومتی در یکسال گذشته به مدت سه هفته متوالی به صورت تصادفی و متقاطع در سه روش مرسوم (کنترل) ($1RM$ ۷۵٪-۸۰٪)، فعالیت مقاومتی به همراه محدودیت جریان خون و ماسک هایپوکسی ($1RM$ ۲۰٪-۵۰٪) مورد مطالعه قرار گرفتند. فعالیت مقاومتی شامل اجرای ۱ نوبت ۲۰ تکراری و ۳ نوبت ۱۵ تکراری حرکت باز شدن پا بود. پاسخ‌های قلبی-عروقی قبل، بلافاصله و هر ۵ دقیقه یکبار به مدت ۶۰ دقیقه جمع‌آوری شد. داده‌ها با استفاده از روش اندازه‌گیری مکرر تحلیل واریانس با نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۳) در سطح معناداری $P < 0/05$ مورد بررسی قرار گرفت. **یافته‌ها:** بر مبنای نتایج به دست آمده هر سه روش تمرینی می‌تواند موجب افزایش معنی‌دار پاسخ‌های همودینامیک از جمله تغییرپذیری ضربان قلب و فشار خون به جز فشار خون دیاستولیک پس از فعالیت شود. این افزایش بلافاصله پس از تمرین مشاهده شد، اما تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها مشاهده نشد. ($P < 0/05$). **نتیجه‌گیری:** نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که یک جلسه فعالیت مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون و ماسک هایپوکسی نمی‌تواند باعث پاسخ‌های قلبی-عروقی متفاوتی از یکدیگر شود. این تحقیق نیز تا حد زیادی اثربخشی این گونه از روش‌های تمرینی را تأیید می‌نماید که تمرینات با شدت کم همراه با محدودیت می‌تواند اهدافی که از تمرینات با شدت بالا انتظار می‌رود را برآورده کند.

واژه‌های کلیدی: محدودیت جریان خون، هایپوکسی، فشار خون، ضربان قلب، ورزشکار

نحوه ارجاع: رحمانی، ابوالفضل، مهربانی، جواد. "پاسخ هزینه اکسیژن میوکارد، فشار خون و عملکرد اتونوم قلب به فعالیت مقاومتی همراه با ماسک تمرینی و محدودیت جریان خون در مردان جوان ورزشکار". مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش. ۱۴۰۴؛ ۱۲ (۱): ۹۵-۱۰۸.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

شاپای الکترونیکی: ۶۵۰۷-۲۶۷۶

نوع دسترسی: آزاد

DOI: 10.22049/jahssp.2024.29728.1653

:

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

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی

دانشگاه گیلان، گروه فیزیولوژی ورزشی،

دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۲. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، گروه

فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت،

ایران (نویسنده مسئول):

mehrabanij@guilan.ac.ir

مقدمه

تمرینات مقاومتی نقش مهمی در سلامت عمومی، پیشگیری و حتی درمان خیلی از بیماری‌ها در سنین بزرگسالی دارد و اغلب از این نوع تمرینات برای افزایش توانایی عملکردی فرد برای کاهش و جلوگیری از آسیب‌های مرتبط با افزایش سن مثل بیماری‌های قلبی-عروقی و پوکی استخوان تجویز می‌گردد (۷، ۸). فعالیت با محدودیت جریان خون موجب کاهش جریان خون عضله از طریق ابزاری مانند کاف فشار خون می‌شود که می‌تواند روش سودمندی در زمینه‌ی ورزشی و بالینی باشد (۹). هاپوکسی موضعی (BFR)^۱ و سیستمیک اجازه می‌دهد تا عضله یا گروه‌های بزرگ عضلانی تحت تأثیر قرار بگیرند (۱). در مبحث پاسخ‌های قلبی-عروقی، ضربان قلب یکی از ساده‌ترین و هشدار دهنده‌ترین متغیرهای قلب و عروق است و به سادگی با گرفتن نبض شخص قابل اندازه‌گیری می‌باشد. در نتیجه، ضربان قلب شاخصی مناسب و در دسترس‌ترین ابزار برای تعیین شدت فعالیت ورزشی است (۱۰). از سوی دیگر، شاخص غیر تهاجمی و کاربردی دیگری که جهت برآورد میزان اکسیژن مصرفی قلب مورد استفاده قرار می‌گیرد حاصل ضرب دوگانه است. به‌طور طبیعی اکسیژن مصرفی قلب در حالت استراحت به ازای هر گرم از عضله‌ی قلبی ۲۰ برابر بیشتر از عضله اسکلتی می‌باشد (۲). کاهش در هزینه اکسیژن قلب به معنی بهبود کارایی عضله قلبی و افزایش آن عاملی برای شیوع بیماری‌های قلبی-عروقی است (۱۱). بر اساس نتایج حاصل از تحقیقات، حتی یک وهله فعالیت حاد نیز می‌تواند به‌طور موقت فشار خون استراحتی را در دقایق و ساعت‌های پس از فعالیت کاهش دهد. این کاهش موقت فشار خون، افت فشار خون پس از فعالیت (PEH)^۲ نامیده می‌شود (۳). براساس مطالعات صورت گرفته میانگین کاهش فشار خون پس از فعالیت ورزشی ۱۱ میلی‌متر جیوه در فشار خون سیستولی و ۴ میلی‌متر جیوه در فشار خون دیاستولی است. PEH در کمتر از ۵ دقیقه پس از پایان فعالیت ورزشی مشاهده شده است و در محیط آزمایشگاه می‌تواند ۲ تا ۳ ساعت دوام داشته است (۳). به نظر ترکیبی از تغییرات عصبی و عروقی منجر به PEH می‌شوند. تغییرات عصبی به این صورت که با کاهش تحریکات حدوداً ۳۰ درصدی عصب سمپاتیک به بستر عروقی عضله‌ی اسکلتی و بخش عروقی از طریق رهایی متابولیت‌های متسع کننده عروقی به وقوع PEH کمک می‌کنند. به‌طور کلی، فعالیت ورزشی حاد در شرایط هاپوکسی با اتساع عروق اضافی مرتبط است که به‌طور بالقوه به PEH قوی‌تر کمک می‌کند. لیکن پاسخ‌های قلب-عروقی ناشی از انجام انواع رایج فعالیت‌های مقاومتی (ایستا و پویا) با توجه به سن، جنس،

وضعیت سلامت فردی و ماهیت رشته‌های ورزشی ممکن است تا حد زیادی متفاوت باشد (۱۲). به‌طوری که، مطالعات نشان داده‌اند که انجام فعالیت‌های مقاومتی چه به صورت ایستا و پویا که هر دو نوع تمرین با اعمال فشار به دستگاه قلبی-عروقی می‌تواند باعث افزایش ضربان قلب، فشار خون سیستولی و دیاستولی شوند (۱۳). ونگ^۳ و همکاران (۲۰۲۱) نشان داده‌اند که فعالیت‌های مقاومتی حاد باعث افزایش تعادل سمپاتوواگال^۴ و کاهش فشار خون به مدت ۳۰-۱۰ دقیقه پس از انجام فعالیت شود (۱۴). در پژوهشی دیگر پیکون^۵ و همکاران (۲۰۱۸) مشاهده کردند که فعالیت ورزشی با محدودیت جریان خون می‌تواند افت فشار خون پس از فعالیت را در افراد دارای فشار خون بالا ایجاد کند (۱۵). همچنین، نتایج کلی حاصل از پژوهش پائولو^۶ و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که در بین پروتکل‌های مختلف نسبت کار یکسان به استراحت متفاوت، نوبت‌های متوسط و فواصل استراحت کوتاه نسبت به نوبت‌های طولانی، بیشترین احتمال کاهش میزان استرس قلبی عروقی را وجود دارد (۱۶). همچنین، یافته‌های پژوهشی نشان می‌دهند که فشار خون سیستولی، دیاستولی و متوسط، ضربان قلب، برون‌ده قلبی، و اکسیژن مصرفی در پاسخ به فعالیت مقاومتی افزایش می‌یابند، حجم ضربه‌ای بدون تغییر باقی می‌ماند، اما ممکن است با افزایش شدت فعالیت و توده‌ی عضلانی درگیر به‌طور معناداری کاهش یابد (۱۷). همچنین، دومینگاس^۷ و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که فعالیت ورزشی مقاومتی با محدودیت جریان خون می‌تواند باعث کاهش فشار خون بیشتر بعد از تمرین نسبت به فعالیت ورزشی سنتی (شدت بالا) شود (۱۸). از طرفی، تاکنون مطالعات بسیاری بر روی تغییرات ضربان قلب صورت گرفته است. این تغییرات سیگنال قلبی که در دو ضربان متوالی مشاهده می‌شود را تغییرپذیری ضربان قلب (HRV)^۸ می‌نامند. تغییرپذیری ضربان قلب به‌عنوان یک روش غیرتهاجمی برای ارزیابی ضربان قلب توسط بخش‌های پاراسمپاتیک و سمپاتیک سیستم عصبی خودمختار مورد استفاده قرار گرفته است (۴). به زبان ساده‌تر، HRV نشان دهنده‌ی افزایش و کاهش سرعت ضربان قلب است که به صورت امواج سینوسی نشان داده می‌شود. زمانی که فاصله‌ی زمانی دو ضربان قلب^۹ کم شود، نرخ ضربان قلب افزایش می‌یابد و زمانی که فاصله‌ی زمانی دو ضربان افزایش یابد نرخ ضربان قلب کمتر می‌شود (۱۹). معلوم شده است که مقدار واکنش ضربان قلب به شدت تمرینی می‌تواند به‌عنوان شاخصی از بار اضافه که به‌طور کلی به بدن، قلب و عروق متحمل آن می‌شوند مورد استفاده قرار گیرند. هر قدر تعداد ضربان قلب بیشتر باشد، سنگینی و شدت برنامه بیشتر است. شاید مهم‌ترین، تغییر

6. Paulo

7. Domingos

8. Heart Rate Variability

9. R-R Interval

1. Blood flow restriction

2. Post exercise hypotention

3. Wong

4. Sympathovagal

5. Picón



تحقیق حاضر کاربردی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود که به صورت کانتربالانس، تصادفی و متقاطع اجرا شد. برای این منظور، پس از دریافت کد اخلاق با شماره IR.GUILAN.REC.1401.046 برای این پژوهش، ۱۱ مرد تمرین کرده که از لحاظ سلامت جسمانی و عمومی که پس از دریافت شرح حال توسط پزشک از لحاظ سوابق بیماری، مصرف داروی خاص، فشار خون و ناراحتی‌های بدنی در وضعیت طبیعی بودند، انتخاب شدند و پس از تایید نهایی مجوز شرکت در تحقیق در حال مطالعه توسط پزشک صادر گردید. سپس افراد بعد از پرکردن پرسشنامه ویژه تعیین سطح فعالیت بدنی و ثبت سوابق بیماری و اخذ رضایت‌نامه کتبی مبتنی بر شرکت داوطلبانه و آگاهانه در جلسات تمرین، به عنوان نمونه آماری انتخاب شدند و تحت مداخله قرار گرفتند. پس از اطمینان از سلامت عمومی و توانایی عمومی انجام پروتکل ورزشی، آزمودنی‌ها سه روز الی یک هفته قبل از انجام آزمایش‌های اصلی برای آشنایی با مراحل انجام تست در سالن تمرین بازنه باشگاه ورزشی فیتکده، حضور یافتند. به علاوه، ویژگی‌های اولیه آزمودنی‌ها مانند سن، قد، وزن، ترکیب بدن (شاخص توده‌ی بدنی)، ضربان قلب و فشار خون در حالت نشسته اندازه‌گیری شد. همچنین، پس از جلسات آشنایی و اطمینان از روند اجرای پروتکل، برای تعیین یک تکرار بیشینه‌ی (1RM) کلیه‌ی آزمودنی‌ها در حرکت جلوپا دستگاه^۴ (باز شدن پا) از فرمول واتن^۵ استفاده شد (۲۷، ۲۸).

برای پاسخ‌های قلبی-عروقی شامل ضربان قلب^۶، فشار خون سیستولیک^۷ و دیاستولیک^۸، فشار خون متوسط شریانی^۹، تغییرپذیری ضربان قلب^{۱۰} و حاصل ضرب دوگانه^{۱۱} اندازه‌گیری شد. همچنین، برای محاسبه فشار خون متوسط شریانی و حاصل ضرب دوگانه به‌طور جداگانه از فرمول‌های زیر استفاده شد:

$$\text{MAP} = \text{DBP} + 1/3(\text{SBP} - \text{DBP})$$

$$\text{HR} \times \text{RPP} = \text{SBP}$$

برای سنجش HRV از ضربان سنج و بِلِت پولار H10 و نرم افزارهای Elite HRV و Kubios استفاده شد. از آزمودنی‌ها خواسته خواسته شد حداقل تا ۲۴ ساعت قبل از فعالیت اصلی کافئین (چای و قهوه) مصرف نکنند. علاوه بر این، از مصرف غذاهای پرچرب باید خودداری کنند (۲۹). بنابر درخواست پژوهشگر همه افراد باید شب قبل از تمرین خواب کافی (۷-۸ ساعت) داشته بودند. همچنین، افراد شرکت کننده تا دوساعت قبل از شروع جلسه آزمون نباید غذا یا مایعاتی به غیر از آب مصرف می‌کردند. این مطالعه از روش متقاطع استفاده شد بدین ترتیب که آزمودنی‌ها به مدت سه هفته متوالی به صورت کاملاً تصادفی در سه حالت کنترل (سنتی)، فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون و فعالیت مقاومتی به

پایدار و مشهود همراه با تمرین کاهش ضربان قلب پس از تمرین است (۲۰). بر اساس نتایج حاصل از تحقیقات، حتی یک وهله فعالیت حاد نیز می‌تواند به‌طور موقت فشار خون استراحتی را در دقایق و ساعت‌های پس از فعالیت کاهش دهد (۳). کینگزلی^۱ و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی نشان دادند که فعالیت مقاومتی بدون توجه به عامل سن، تأثیر منفی یا مثبتی بر تنظیم ضربان استراحتی قلبی ندارد. هر چند، ممکن است فعالیت مقاومتی در افرادی که در عملکرد تنظیم خودکار (اتونوم) حالت استراحت اختلال دارند، اثر مثبت‌تری داشته باشد (۲۱). لیدا^۲ و همکاران (۲۰۰۷) تغییرات مشابهی از جمله کاهش حجم‌ضربه‌ای را گزارش کردند (۲۲). همچنین، پاسخ‌های قلبی-عروقی در شرایط هایپوکسی سیستمیک تا حدود زیادی شبیه به شرایط محدودیت جریان خون می‌باشد (۲۳-۲۵). پژوهش دیگر با موضوع اثر استفاده از ماسک شبیه‌سازی ارتفاع در طی تمرین مقاومتی بر سازگاری فیزیولوژیکی توسط رامادان و همکاران (۲۰۲۱) نشان داده شد که ماسک تمرینی می‌تواند مصرف اکسیژن، ضربان قلب، تهویه دقیقه‌ای، آستانه‌ی تهویه‌ای، حداکثر ضربان قلب، حداکثر اکسیژن مصرفی و لاکتات خون را به‌طور قابل توجهی نسبت به گروه کنترل افزایش دهد (۵). علاوه بر این، کامین^۳ و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه خود نشان دادند که هایپوکسی می‌تواند باعث افزایش قدرت HRV با فرکانس بالا و کاهش قدرت HRV با فرکانس پایین شود (۶). همچنین، کلینیبیلینک و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که فعالیت حاد می‌تواند موجب کاهش معنی‌داری در فشار خون سیستولی و کاهش دیاستولیک شود. اما، تفاوت معنی‌داری در فشار خون پس از ورزش در شرایط هایپوکسی و نرموکسی دیده نشد (۲۶). با این حال، مطالعات بسیار کمی از پاسخ‌های قلبی-عروقی در ارتباط با شیوه‌های مختلف فعالیت مقاومتی و به‌کارگیری وسایل تمرینی مرتبط با آن انجام‌شده و در دسترس می‌باشد (هیچ پژوهشی مقایسه روش‌های مختلف فعالیت مقاومتی را مورد بررسی قرار نداده است). بنابراین، مریدان ممکن است فعالیت مقاومتی با شدت کم را در شرایط محدودیت جریان خون و هایپوکسی را به‌عنوان یک روش تمرینی بالقوه برای ورزشکارانی که نیاز به حفظ آمادگی بدنی، قلبی - عروقی، توده عضلانی و قدرت در طول فصل طولانی دارند، در نظر بگیرند که توجه به این موضوع می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد هدفمند و کاربردی در مباحث علم تمرین باشد. بنابراین، این پژوهش با هدف مطالعه تأثیر فعالیت مقاومتی حاد به‌همراه ماسک تمرینی و محدودیت جریان خون بر پاسخ‌های قلبی-عروقی در مردان جوان ورزشکار انجام گرفت.

روش پژوهش

7. Systolic blood pressure
8. Diastolic blood pressure
9. Mean blood pressure
10. Heart Rate Variability
11. Rate pressure product

1. Kingsley
2. Lida
3. Campen
4. Leg Extention
5. (100*W(KG))/(48.8+[53.8*e^(-0.075*rep)])
6. Heart Rate



میوه (دارای پتاسیم زیاد)، بتابلاکرها و داروهای محرک ضربان قلب منع شدند. نمونه‌های خونی قبل و بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی اندازه‌گیری شد. همچنین، برای آگاهی از پاسخ‌های قلبی-عروقی نیز قبل، بلافاصله و بعد (در بازه زمانی ۵ الی ۶۰ دقیقه در هر ۵ دقیقه) از اجرای پروتکل تمرینی فشار خون و ضربان قلب اندازه‌گیری شد. علاوه بر این، تغییرپذیری ضربان قلب در بازه‌های قبل و پس از فعالیت در بلافاصله پس از اتمام فعالیت تا ۵ دقیقه و در دقایق ۵-۱۰، ۱۵-۲۰، ۲۵-۳۰، ۳۵-۴۰، ۴۵-۵۰ و ۵۵-۶۰ محاسبه شد. (۳۷).

وزن بدن با حداقل پوشش و بدون کفش با استفاده از ترازوی آزمایشگاهی (مدل CAMRY 9015) و قد به‌صورت ایستاده، بدون کفش با قد سنج دیواری اندازه‌گیری شد. نمایه توده بدن (BMI) با استفاده از فرمول (وزن به کیلوگرم تقسیم بر مجذور قد به متر) محاسبه شد. برای اندازه‌گیری فشار خون استراحتی از دستگاه فشارسنج جیوه‌ای (آلپی کادو مدل V-300) استفاده شد (۲۷).



عکس ۲. حرکت جلو پا
دستگاه با ماسک هایپوکسی



عکس ۱. حرکت جلو پا دستگاه با
محدودیت جریان خون

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ تجزیه و تحلیل شدند. به‌منظور تعیین طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد. جهت مقایسه میانگین متغیرهای پژوهش از آزمون‌های تجزیه و تحلیل واریانس مختلف، تجزیه و تحلیل واریانس مکرر، تعقیبی بونفرونی استفاده شد. تمام آزمون فرضیه‌ها در سطح معنی‌داری برابر یا کوچکتر از ۰/۰۵ انجام شد.

یافته‌ها

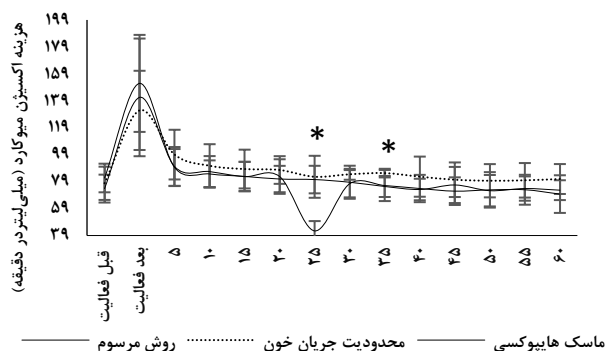
در این بخش شاخص‌های آنترپومتریک و فیزیولوژیک آزمودنی‌ها از قبیل سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی، WHR، ضربان قلب پایه، فشار خون پایه و هزینه اکسیژن میوکارد پایه، متوسط فشار خون شریانی پایه در جدول ۱ ارائه شده است.

همراه ماسک هایپوکسی قرار گرفتند و هر هفته جای گروه‌ها عوض شد تا همه آزمودنی‌ها هر سه حالت را تجربه نمایند. بین سه روش تمرین مقاومتی با BFR، با HM و کنترل، ۷۲ ساعت الی یک هفته فاصله بود تا آثار متابولیکی و هورمونی ناشی از وهله‌ی اول تمرین از بین برود (۳۰). پروتکل اصلی فعالیت ورزشی، اجرای ۴ نوبت حرکت تک مفصلی جلو پا دستگاه بود که به صورت، یک نوبت ۲۰ تکرار با ۳۰-۴۰ ثانیه استراحت بین نوبت‌ها با ۲۰ الی ۵۰ درصد حداکثر قدرت پیشنهادی اجرا شد و ادامه آن ۳ نوبت با ۱۵ تکرار و ۳۰-۴۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها (بستگی به توان آزمودنی‌ها) که در مجموع ۶۵ تکرار بود، انجام گرفت (۲۷، ۳۱-۳۳). علاوه بر این، همه گروه‌های آزمایش زمانی را به گرم کردن و سرد کردن (شامل درجا زدن، دوچرخه ثابت و کشش‌ها) که حدود ۵-۱۰ دقیقه گرم کردن و ۱۰ دقیقه سرد کردن می‌باشد اختصاص دادند. برای جلسات تمرینی همراه با محدودیت جریان خون، نخست فشار سیستولی بازوی آزمودنی‌ها را با استفاده از فشارسنج جیوه‌ای اندازه‌گیری کردیم. سپس بر اساس آن فشار سیستولی پاها را تخمین زدیم (گفته می‌شود فشار پاها ۱۲۰ درصد فشار بازوهاست) (۳۴). از آن‌جا که فشار وارد شده روی ناحیه باید از فشار سیستولی همان ناحیه بیشتر باشد، فشار ۱/۳ برابر فشار سیستولی برای پاها در نظر گرفته شد که حدود ۱۶۰ تا ۱۸۰ میلی‌متر جیوه بود، البته به فشار سیستولی هر فرد بستگی داشت. با وجود این، در تمام مدت تمرین، حتی در فاصله‌ی استراحتی بین ست‌ها جریان خون با محدودیت همراه بود. شدت فعالیت مقاومتی به کار گرفته شده با توجه به آمادگی آزمودنی‌ها ۵۰-۲۰ درصد 1RM در نظر گرفته شد. البته برای اینکه مدت زمان تمرین مقاومتی برای تمام آزمودنی‌ها یکسان باشد، مدت هر انقباض باید در تمام اجرای تمرین با زمان سنج کنترل شود، که به طور میانگین برای هر انقباض ۴ ثانیه، شامل ۲ ثانیه رفت و ۲ ثانیه (۱/۲/۱/۲) برگشت، در نظر گرفته شد (۳۵). برای ایجاد محدودیت در جریان خون از کاف فشار رانی (مدل دستی) ساخت شرکت فراهوش الکترونیک آرسام (آنهوما) ایران زیر نظر پارک علم و فناوری استان فارس استفاده شد. همچنین، شرایط هایپوکسی سیستمیک را به وسیله ماسک تمرینی فانتوم اتلنیکس مدل P2-1000 ساخت کشور اتریش ایجاد کردیم که در ارتفاع ۴۹۰۰ متری (درجه ۴ از ماسک) تنظیم شده بود که در کل مرحله تمرینی (گرم کردن، تمرین اصلی) روی صورت آزمودنی‌ها قرار داشت (۲۷، ۳۶). لازم به ذکر است که گروه کنترل تنها روش مرسوم وزنه زدن (۷۵-۸۰٪ یک تکرار بیشینه) را بدون هیچ محدودیتی اجرا کرد (شکل ۱ و ۲).

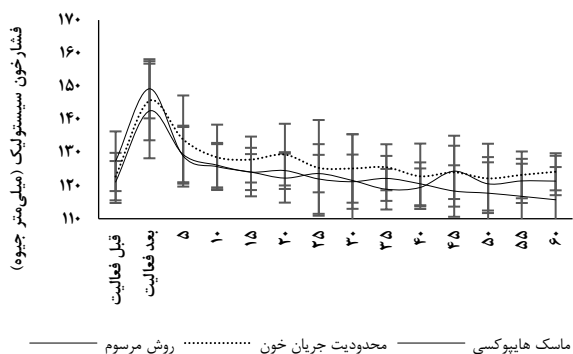
تمام جلسات تمرینی در بعد از ظهر (بازه زمانی ۱۲-۱۹) حداقل ۲ ساعت پس از صرف نهار در شرایط یکسان اجرا شد (۳۵). برای کسب نتایج دقیق‌تر آزمودنی‌ها ۴۸ ساعت پیش از اجرای مراحل پژوهش از مصرف

جدول ۱. متغیرهای آنترپومتریک و فیزیولوژیک آزمودنی‌ها (انحراف استاندارد ± میانگین)

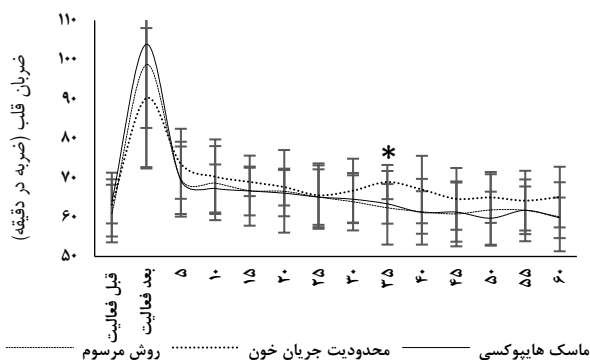
انحراف استاندارد ± میانگین	
سن (سال)	۲۹/۱۸ ± ۵/۷۰
وزن (کیلوگرم)	۸۰/۷۲ ± ۱۵/۵۳
قد (متر)	۱/۷۸ ± ۰/۰۶
BMI (کیلوگرم / مترمربع)	۲۵/۲۷ ± ۳/۸۰
WHR	۰/۹۰ ± ۰/۰۴
ضربان قلب (ضربه/دقیقه)	۵۹/۸۱ ± ۶/۴۱
فشار خون سیستولیک (میلی لیتر جیوه)	۱۱۹/۷۲ ± ۷/۲۴
فشار خون دیاستولیک (میلی لیتر جیوه)	۶۴/۶۳ ± ۶/۷۴
هزینه اکسیژن میوکارد (میلی لیتر/دقیقه)	۷۱/۶۴ ± ۹/۱۵
متوسط فشار خون شریانی	۸۳/۰۰ ± ۴/۸۲
RMSSD (میلی ثانیه)	۵۳/۰۱ ± ۱۷/۷۵
LF (هرتز)	۴۷/۱۱ ± ۱۲/۸۲
HF (هرتز)	۲۵/۱۰ ± ۱۳/۷۹
LF/HF (هرتز)	۱/۱۷ ± ۰/۶۴



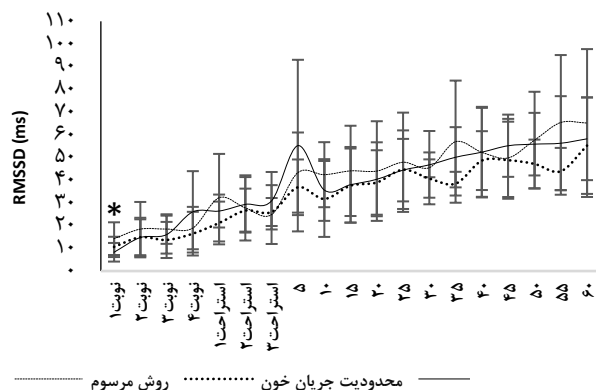
نمودار ۲، مقایسه هزینه اکسیژن میوکارد در روش‌های مختلف تمرین. نتایج آزمون تحلیل واریانس مختلط برای میانگین متغیر هزینه اکسیژن میوکارد نشان داد اثر درون گروهی (F=۸۳/۴۷۳, p=۰/۰۰۱) از لحاظ آماری معنی‌دار است اما اثر بین گروهی (F=۱/۴۷۵, p=۰/۲۵۳) از لحاظ آماری معنی‌دار نیست. بین سه وضعیت تمرینی نشان داد بین میانگین متغیر پاسخ هزینه اکسیژن میوکارد قبل و بعد از فعالیت ورزشی مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون و ماسک تمرینی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.



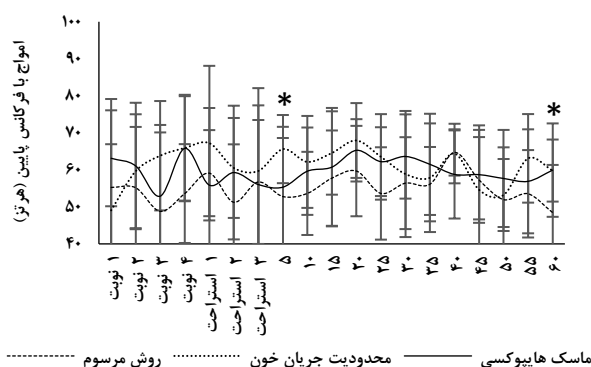
نمودار ۳، مقایسه فشار خون سیستولیک در روش‌های مختلف تمرین. نتایج آزمون تحلیل واریانس مختلط برای میانگین متغیر فشار خون سیستولیک نشان داد اثر درون گروهی (F=۱۰۰/۵۹۶, p=۰/۰۰۱) از لحاظ آماری معنی‌دار است اما اثر بین گروهی (F=۲/۱۹۶, p=۰/۱۳۷) از لحاظ آماری معنی‌دار نیست. بین سه وضعیت تمرینی نشان داد بین میانگین پاسخ فشار خون سیستولی قبل و بعد از فعالیت ورزشی مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون و ماسک تمرینی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.



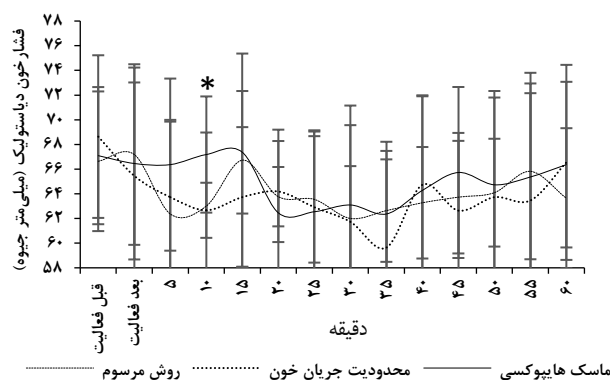
نمودار ۱، مقایسه ضربان قلب در روش‌های مختلف تمرین. نتایج آزمون تحلیل واریانس مختلط برای میانگین متغیر پاسخ ضربان قلب نشان داد اثر درون گروهی (F=۷۹/۴۶۵, p=۰/۰۰۱) از لحاظ آماری معنی‌دار است اما اثر بین گروهی (F=۱/۴۱۷, p=۰/۲۶۶) از لحاظ آماری معنی‌دار نیست. بین سه وضعیت تمرینی نشان داد بین میانگین متغیر پاسخ ضربان قلب قبل و بعد از فعالیت ورزشی مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون و ماسک تمرینی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. *تفاوت معنی‌دار در مقایسه با زمان‌های دیگر بعد از فعالیت p<۰/۰۵.



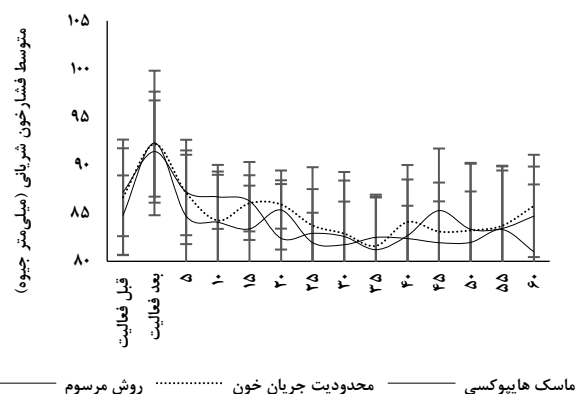
نمودار ۶، مقایسه RMSSD (ریشه توان دوم تفاوت‌های میانگین مربعات اینتروال‌های موج R نسبت به موج R بعدی با واحد میلی‌ثانیه) در روش‌های مختلف تمرین. نتایج آزمون تحلیل واریانس مختلط برای میانگین متغیر RMSSD نشان داد اثر درون گروهی نیست، مقایسه سه وضعیت تمرینی نشان داد بین میانگین متغیر پاسخ فشار خون دیاستولی قبل و بعد از فعالیت ورزشی مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون و ماسک تمرینی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. *تفاوت معنی‌دار در مقایسه با زمان‌های دیگر بعد از فعالیت $p < 0.05$.



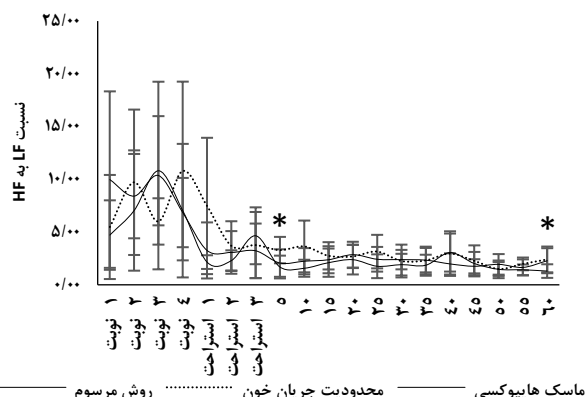
نمودار ۷، مقایسه امواج با فرکانس پایین (LF) در روش‌های مختلف تمرین. نتایج آزمون تحلیل واریانس مختلط برای میانگین متغیر LF نشان داد اثر درون گروهی نیست، مقایسه سه وضعیت تمرینی نشان داد بین میانگین متغیر پاسخ فشار خون دیاستولی قبل و بعد از فعالیت ورزشی مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون و ماسک تمرینی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. *تفاوت معنی‌دار در مقایسه با زمان‌های دیگر بعد از فعالیت $p < 0.05$.



نمودار ۸، مقایسه فشار خون دیاستولیک در روش‌های مختلف تمرین. نتایج آزمون تحلیل واریانس مختلط برای میانگین متغیر فشار خون دیاستولیک نشان داد اثر درون گروهی نیست، مقایسه سه وضعیت تمرینی نشان داد بین میانگین متغیر پاسخ فشار خون دیاستولی قبل و بعد از فعالیت ورزشی مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون و ماسک تمرینی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. *تفاوت معنی‌دار در مقایسه با زمان‌های دیگر بعد از فعالیت $p < 0.05$.

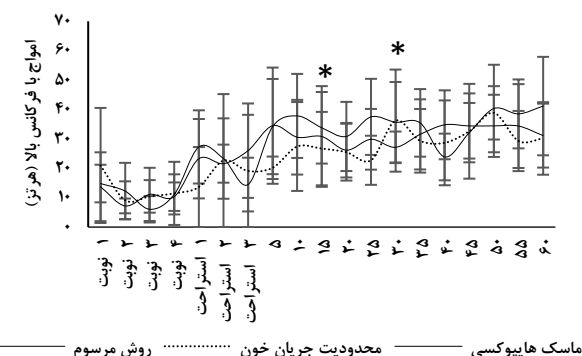


نمودار ۹، مقایسه متوسط فشار خون در روش‌های مختلف تمرین. نتایج آزمون تحلیل واریانس مختلط برای میانگین متغیر متوسط فشار خون شریانی نشان داد اثر درون گروهی نیست، مقایسه سه وضعیت تمرینی نشان داد بین میانگین متغیر پاسخ فشار خون شریانی قبل و بعد از فعالیت ورزشی مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون و ماسک تمرینی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. *تفاوت معنی‌دار در مقایسه با زمان‌های دیگر بعد از فعالیت $p < 0.05$.



نمودار ۹. مقایسه نسبت امواج با فرکانس پایین به امواج فرکانس بالا (LF/HF) در روش‌های مختلف تمرین. نتایج آزمون تحلیل واریانس مختلط برای میانگین متغیر LF/HF نشان داد اثر درون گروهی ($F=1/318, p=0/287$) و اثر بین گروهی ($F=0/546, p=0/587$) از لحاظ آماری معنی‌دار نیست. بین سه وضعیت تمرینی در هیچ کدام از ست‌ها تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. *تفاوت معنی‌دار در مقایسه با زمان‌های دیگر بعد از فعالیت $p < 0/05$. *سطح معنی‌داری $p < 0/05$ می‌باشد.

*تفاوت معنی‌دار در مقایسه با زمان‌های دیگر بعد از فعالیت $p < 0/05$.



نمودار ۱۰. مقایسه امواج با فرکانس بالا (HF) در روش‌های مختلف تمرین. نتایج آزمون تحلیل واریانس مختلط برای میانگین متغیر HF نشان داد اثر درون گروهی ($p=0/20$), $F=5/033$ و اثر بین گروهی ($F=1/123, p=0/345$) از لحاظ آماری معنی‌دار نیست. بین سه وضعیت تمرینی در هر نوبت نشان داد بین میانگین متغیر HF بین سه وضعیت تمرینی در هیچ کدام از نوبت‌ها تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. *تفاوت معنی‌دار در مقایسه با زمان‌های دیگر بعد از فعالیت $p < 0/05$. *سطح معنی‌داری $p < 0/05$ می‌باشد.

است متفاوت با طراحی تمرین (بار، تکرار و توده عضلانی) باعث پاسخ‌های مختلف قلبی عروقی شود. علاوه بر این، فعالیت مقاومتی با شدت بالا می‌تواند موجب کاهش اکسیژن‌رسانی به عضلات فعال شود که همین امر با افزایش متابولیت‌هایی موضعی همراه است که در نهایت با تحریک گیرنده‌های شیمیایی منجر به افزایش ضربان قلب و انقباض قلبی می‌شود. همچنین، این تغییرات فیزیولوژیکی منجر به افزایش SBP و DBP خواهد شد (۳۵). به همین علت در مطالعه حاضر افزایش SBP، HR و RPP جز MAP و DBP در همه مراحل تمرین در مقایسه با حالت استراحت مشاهده شد. از سوی دیگر، مقایسه بین جلسات فعالیت مقاومتی وضعیت متفاوتی را نشان داد که تا حد زیادی نشان‌دهنده‌ی برابری سه روش تمرینی بر پاسخ‌های همودینامیکی بود. شدت فعالیت ورزشی در هر سه وضعیت تمرینی اهمیت بار تمرینی به‌عنوان یک عامل تحریکی برای افزایش پاسخ‌های همودینامیکی در طول تمرینات مقاومتی را نشان می‌دهد. وی-ار^۱ و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای نشان دادند که فعالیت مقاومتی با BFR موجب تغییرات بیشتر همودینامیک در افراد جوان و سالم می‌شود که اندازه این پاسخ‌ها در هر دو گروه مشابه بود (۳۶). این یافته با نتایج MAP و RPP تحقیق حاضر به‌ترتیب همسو و غیرهمسو بود که دلیل ناهمسو بودن آن می‌تواند سطح آمادگی آزمودنی‌ها (افراد جوان و مسن)،

بحث

به‌خوبی مشخص شده است که در طی انجام فعالیت‌های مقاومتی اعم از استفاده از دستگاه‌ها و وزنه‌های آزاد ضربان قلب، فشار خون سیستولی و دیاستولی افزایش می‌یابد. نتایج این بخش از تحقیق نشان داد که ضربان قلب، هزینه اکسیژن میوکارد، فشار خون سیستولی، دیاستولی و متوسط فشار خون شریانی با انجام فعالیت مقاومتی در هر سه روش تمرینی افزایش یافت که این افزایش عدم تفاوت معنادار بین گروه‌ها و وجود تفاوت درون گروه‌ها جز فشار خون دیاستولی را به دنبال داشت. همچنین، بین سه وضعیت تمرینی تفاوتی بین ضربان قلب، هزینه اکسیژن میوکارد، فشار خون سیستولی، دیاستولی و متوسط فشار خون شریانی قبل، بلافاصله و ۵-۶ دقیقه‌ای بعد از فعالیت ورزشی مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون و ماسک هایپوکسی وجود نداشت. البته، بین پاسخ فشار خون دیاستولی و متوسط فشار خون شریانی بعد از فعالیت نسبت به قبل از فعالیت در هر سه روش تمرینی تفاوتی وجود نداشت که یکی از دلایل مهم آن می‌تواند بالا بودن آمادگی جسمانی آزمودنی‌ها و شدت متوسط تمرینی باشد. هر چند، سازوکار واقعی تغییرات فشار خون (به‌ویژه کاهش فشار خون) پس از فعالیت به‌خوبی شناخته‌شده نیست و به‌احتمال زیاد یک سازوکار چندعاملی است. البته، اندازه و مدت‌زمان فشردگی عضله ممکن

ندارند. این نتایج نشان می‌دهد که فعالیت ورزشی با و بدون محدودیت می‌تواند به یک میزان منجر به PEH شود. درویت^۵ و همکاران (۲۰۱۷) تغییرات فشار خون پس از تمرینات مقاومتی بالاتنه و پایین تنه در مردان با فشار خون بالا و نرمال مورد مطالعه قرار دادند (۴۱). نتایج نشان داد که مردان در معرض فشار خون بالا در هر دوی فعالیت مقاومتی اندام فوقانی (UBRE^۵) و تحتانی^۶ (LBRE) کاهش فشار خون سیستمی را تجربه کردند، اما تغییر معنی‌داری در مردان با فشار خون نرمال در این متغیر مشاهده نشد. همچنین، کاهش معنی‌دار فشار خون به دنبال تمرین مقاومتی UBRE و نه در LBRE مشاهده شد. بنابراین، این مطالعه ترکیبی از تمرینات مقاومتی بالا و پایین تنه را به عنوان روشی برای کاهش فشار خون سیستمی استراحتی معرفی نمود. در مطالعه‌ای دیگر رزک^۷ و همکاران (۲۰۰۶) اثر شدت فعالیت ورزشی مقاومتی را بر افت فشار خون، همودینامیک و تغییرپذیری ضربان قلب را مورد بررسی قرار دادند (۱۴). نتایج، کاهش فشار خون سیستمیک را در شدت‌های ۴۰ و ۸۰٪ یک تکرار بیشینه و کاهش فشار خون دیاستولیک را در شدت ۴۰٪ IRM، افزایش در گروه کنترل و عدم تغییر را در شدت ۸۰٪ IRM نشان داد. علاوه بر این، ضربان قلب پس از انجام هر دو تمرین افزایش داشت. همچنین، LFR-Rnu افزایش و HFR-Rnu کاهش را در هر دو جلسه فعالیت مقاومتی به همراه داشت. در نتیجه، این پژوهش با بیشتر نتایج حاضر به‌غیر از مقادیر DBP بعد از فعالیت که تفاوت معنی‌داری را نشان نداد همسو می‌باشد؛ که تا حدودی ناهمخوانی یافته‌های ما می‌تواند به نوع روش و عضلات درگیر (پایین‌تنه نسبت به ترکیب پایین‌تنه و بالاتنه)، تعداد آزمودنی و میزان آمادگی آزمودنی‌ها مربوط باشد. همچنین، فیگوتیردو و همکاران (۲۰۱۵) تأثیر شدت بار بر فشار خون پس از فعالیت و تغییرپذیری ضربان قلب را پس از یک جلسه فعالیت ورزشی مقاومتی را مورد مطالعه قرار دادند (۴۲). نتایج این پژوهش نشان داد که فعالیت مقاومتی با شدت ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه می‌تواند بهترین محرک برای پاسخ افت فشار خون پس از فعالیت در مقایسه با دو شدت دیگر باشد. در نتیجه این تحقیقی با بررسی حاضر از باب انجام فعالیت ورزشی بدون محدودیت (سنتی) همسو است، به‌طوری که اگر قصد کاهش شدید فشار خون پس از یک جلسه فعالیت مقاومتی هستید، متخصصان در زمینه قدرت و آمادگی ممکن است تمریناتی با شدت‌های ۶۰، ۷۰ و ۸۰٪ یک تکرار بیشینه را تجویز نمایند. همچنین، کینگزلی^۸ و همکاران (۲۰۱۶) اثر حاد و تمرینی فعالیت ورزشی مقاومتی را در یک مطالعه مרוوری بر تغییرپذیری ضربان قلب را مورد بررسی قرار دادند (۴۳). به احتمال بالا یک دوره فعالیت ورزشی مقاومتی حاد اندام پایین تنه (پاهای) و یا تمام بدن

نوع تمرین (بازشدن پا در برابر جلو بازو) و عضلات درگیر (پا در برابر بازو) باشد. همچنین، تایی و همکاران (۲۰۱۸) اثر حاد فعالیت مقاومتی را بر شاخص‌های همودینامیک در افراد تمرین کرده جوان را مورد بررسی قرار دادند که نتایج به‌طور معنی‌داری کاهش فشار خون پس از فعالیت را نشان دادند (۳۷). که از این باب با نتایج تحقیق حاضر همسو بود. در پژوهشی دیگر پیکون و همکاران (۲۰۱۸) افزایش قابل توجهی برای مقادیر ضربان قلب در طول برنامه تمرینی مشاهده کردند. هرچند، مقادیر SBP و DBP تفاوت معنی‌داری در مقایسه با مقادیر قبل از فعالیت را از خود نشان ندادند. نتیجه تحقیق مذکور با بخشی از یافته‌های تحقیق (DBP) همسو است. همچنین، نشان داده شد که فعالیت ورزشی با محدودیت جریان خون می‌تواند PEH را در افراد دارای فشار خون بالا ایجاد کند. علاوه بر این، دانکن^۱ و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر شدت کم و شدید فعالیت ورزشی مقاومتی بر PEH را مورد بررسی قرار دادند (۳۸). نتایج نشان داد بعد از تمرین با شدت بالا (۸۰٪ IRM)، فشار خون در ۵۰ و ۶۰ دقیقه ریکاوری نسبت به تمرین با شدت کم به‌طور معنی‌داری کمتر بود. همچنین، تفاوت معنی‌داری در رابطه با فشار خون دیاستول در زمان‌ها و بین دو گروه مشاهده نشد که در نتیجه این تحقیقی با بررسی حاضر همسو می‌باشد. پینتو^۲ و همکاران (۲۰۱۸) مطالعه‌ای را با هدف مقایسه فعالیت ورزشی مقاومتی کم شدت با محدودیت جریان (۲۰٪ IRM) و فعالیت مقاومتی با شدت بالا (سنتی ۶۵٪ IRM) را بر پاسخ‌های همودینامیک، میزان درک فشار و لاکتات خون در زنان مسن دارای فشار خون را مورد بررسی قرار دادند (۳۹). میزان فشار خون، ضربان قلب، حجم ضربه‌ای و برون‌ده قلبی در تمام جلسه‌های تمرین به‌طور معناداری بیشتر از گروه گواه (بدون تمرین) بود. هر چند، تفاوت معناداری بین جلسات تمرین مشاهده نشد که با نتایج ما از باب میزان عدم معنی‌داری بین جلسات نیز همسو می‌باشد. همچنین، دومینگاس^۳ و همکاران (۲۰۱۸) در یک مقاله مرووری سیستماتیک و متآنالیز به پاسخ فشار خون ناشی از تمرینان مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون پرداختند (۴۰). به‌طور کلی، نشان داده شد که فعالیت ورزشی مقاومتی با BFR می‌تواند باعث کاهش فشار خون بیشتر بعد از تمرین نسبت به فعالیت ورزشی سنتی (شدت بالا) شود. هرچند مقادیر SBP و DBP حاصل از تمرینات مقاومتی با BFR نسبت به تمرینات سنتی، می‌تواند در افراد دارای فشار خون بالا بیشتر افزایش یابد. بنابراین، نتایج این تحقیق در مقایسه با مطالعه حاضر بیشتر از جهت کاهش فشار خون بعد از فعالیت همخوانی دارد تا با تفاوت سه روش تمرینی؛ چراکه یافته‌های ما نشان داد که فعالیت مقاومتی روش‌های مختلف تمرینی در کاهش فشار خون بعد از فعالیت تفاوت معنی‌داری با یک‌دیگر

5. Upper body resistance exercise

6. lower body resistance exercise

7. Rezk

8. Kingsley

1. Duncan

2. Pinto

3. Domingos

4. Drouet



همودینامیک و میزان درک فشار پرداختند (۴۶). به طور کلی، هر ۳ روش تمرینی (فعالیت مقاومتی با BFR تناوبی، تداومی و سنتی) توانستند لاکتات، ضربان قلب و فشار خون را بعد از جلسات تمرینی افزایش دهند. این نتایج نیز با یافته‌های ما نیز همسو می‌باشد. همچنین، ونگ^۴ و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند فعالیت ورزشی به کمک کنترل می‌تواند موجب کاهش فشار خون به مدت ۳۰-۱۰ دقیقه پس از انجام فعالیت شود که با نتایج پژوهش حاضر تطابق دارد (۴۷). از سوی دیگر، پائولو^۵ و همکاران (۲۰۱۹) پاسخ فشار خون را در فعالیت مقاومتی با نسبت کار به استراحت مختلف مورد مطالعه قرار دادند (۴۸). آن‌ها مشاهده کردند که انجام فعالیت مقاومتی با حرکت باز شدن زانو در سه نوبت ۱۴ تکراری می‌تواند منجر به کاهش معنی‌داری در میزان دیاستول شود. این پژوهش از جهت روش تمرینی تا حد زیادی با مطالعه حاضر مطابقت داشته و با نتایج به دست آمده همسو می‌باشد. علاوه بر این، اسکوت^۶ و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که ضربان قلب در شرایط هایپوکسی می‌تواند به طور قابل توجهی نسبت به شرایط نورموکسی بیشتر باشد (۴۹). این پژوهش غیر همسو بودن نتایج را از باب محدودیت نیز نشان می‌دهد. از جمله دلایل ناهمسوایی این پژوهش را می‌توان به نوع حرکات (جلو پا در برابر اسکوات و دلیفت) و همچنین، تعداد نوبت‌ها (۱۵ در برابر ۵ تکرار) اشاره کرد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که فعالیت مقاومتی حاد با و بدون محدودیت جریان خون و ماسک هایپوکسی نمی‌تواند به طور معنی‌داری سبب افزایش و تفاوت مشهودی در دامنه‌ی امواج با فرکانس بالا (HF) و امواج با فرکانس پایین (LF) شود. چرا که این امواج به ترتیب نماینگر شدت غلبه سیستم پاراسمپاتیک و سمپاتیک در تعادل سیستم اتونوم قلبی است. همچنین، برای نسبت امواج با فرکانس پایین به امواج با فرکانس بالا (LF/HF) در هر سه روش تمرینی (با و بدون محدودیت) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این نسبت شاخص با اهمیتی از روش فرکانس-محور است که نشانگر نسبت غلبه سیستم سمپاتیک به پاراسمپاتیک است. وجود برخی تفاوت معنی‌دار در دقایق مختلف را می‌توان به عدم کنترل دقیق رژیم غذایی، خواب و استراحت و مهم‌تر از همه شرایط روانی و انگیزه آزمودنی‌ها دانست که از محدودیت‌های غیرقابل کنترل در پژوهش بود.

هوریوچی^۷ و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر فعالیت ورزشی مقاومتی در شرایط هایپوکسی بر همودینامیک پس از ورزش را مورد بررسی قرار دادند (۵۰). در نتیجه، متوسط فشار شریانی پس از تمرین در هر دو شرایط به طور معنی‌داری کمتر از قبل از فعالیت بود. همچنین، متوسط فشار شریانی در دقایق ۲۰ و ۳۰ دقیقه از زمان ریکاوری تحت شرایط هایپوکسی نسبت به

بتواند باعث کاهش طولانی مدت تنظیم تعادل عصب واگ در بزرگسالان جوان سالم شود. همان طور که در مباحث قبلی بیان شده بود، در این بررسی نیز نشان داده شد که فعالیت مقاومتی بدون توجه به عامل سن، تأثیر منفی یا مثبتی بر تنظیم ضربان استراحتی قلبی ندارد. هر چند، ممکن است فعالیت مقاومتی در افرادی که در عملکرد تنظیم خودکار (اتونوم) حالت استراحت اختلال دارند، اثر مثبت‌تری داشته باشد.

در مطالعه‌ای دیگر روسو^۱ و همکاران (۲۰۱۱) اثر حاد فعالیت ورزشی مقاومتی با محدودیت جریان خون را بر فشار خون پس از فعالیت را مورد پژوهش قرار دادند در این پژوهش نشان داده شد که PEH در تمرینات با شدت بالا بیشتر رخ می‌دهد. که با این اوصاف این پژوهش نیز با نتایج ما جز عدم تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها همخوانی زیادی داشت که از جمله دلایل همسو بودن این پژوهش وجود آزمودنی‌های جوان سالم بود. در نتیجه، با توجه به دو پژوهش می‌توان گفت اگر فردی با هدف کاهش فشار خون پس از فعالیت ورزش می‌کند، بهتر است تمرین مقاومتی با شدت بالا را در برنامه خود بگنجانند. علاوه بر این، در یک مقاله مروری سیستماتیک نتو و همکاران (۲۰۱۷) به اثر تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون بر پاسخ‌های همودینامیکی پرداختند (۴۴). به طور کلی، پروتکل‌های تمرینی که از BFR مداوم پس از یک جلسه تمرین مقاومتی با شدت کم بهره می‌برند، ظاهراً HR، BP، RPP افزایش بیشتری نسبت به پروتکل‌های تمرین مقاومتی با شدت کم بدون BFR از خود نشان دادند. در مطالعه‌ای دیگر نتو^۲ و همکاران (۲۰۱۶) اثر فعالیت ورزشی مقاومتی با محدودیت جریان خون بر ضربان قلب، حاصل ضرب دوگانه، اشباع اکسیژن و میزان درک فشار مورد بررسی قرار دادند (۴۵). در این مطالعه، همه پروتکل‌ها افزایش قابل توجهی در ضربان قلب و حاصل ضرب دوگانه را پس از فعالیت و ۶۰ دقیقه بعد از آن را نیز نشان دادند (هیچ تفاوتی بین پروتکل‌ها مشاهده نشد). این یافته‌ها با نتایج تحقیق حاضر به‌ویژه از بعد افزایش HR و RPP پس از فعالیت همخوانی زیادی داشت. در مطالعه‌ای دیگر، بازگیر^۳ و همکاران (۲۰۱۶) افزایش حاصل ضرب دوگانه، ضربان قلب و میزان درک فشار را در هر دو گروه نشان دادند. در حالی که، فشار خون سیستول و دیاستول به طور قابل توجهی در گروه با محدودیت جریان خون افزایش داشت. این تحقیق با نتایج ما که با محدودیت جریان خون اجرا کردیم تا حد زیادی همخوانی داشت در حالی که در تحقیق ما میزان HR، SBP، DBP و بین گروه‌ها تفاوتی را از خود نشان نداد. این یعنی اینکه، هر سه روش تمرینی می‌تواند به یک میزان نزدیک به هم باعث افزایش پاسخ‌های همودینامیکی شود. در پژوهشی دیگر، نتو و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی اثر حاد فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون مداوم و تناوبی بر شاخص‌های

5. Paulo
6. Scott
7. Horiuchi

1. Rossow
2. Neto
3. Bzgir
4. Wong



ماسک تمرینی و انواع کاف و ماسک تمرین انجام شود و پاسخ‌های قلبی عروقی، هورمونی و شاخص‌های مرتبط با درک فشار بر گروه‌های مختلف آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد. همچنین، بر اساس نتایج تحقیق حاضر توصیه می‌شود که فعالیت مقاومتی با شدت‌های پایین همراه با محدودیت جریان خون و ماسک تمرینی جایگزین فعالیت‌های مقاومتی با شدت بالا شود یا به‌صورت ترکیبی در کنار فعالیت‌های مقاومتی شدت بالا مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از آزمودنی‌های شرکت کننده در مطالعه اعلام می‌دارد.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر نویسندگان هیچ گونه تضاد منافی نداشتند.

نورموکسی به‌طور قابل توجهی کمتر بود. به‌طور کلی، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که شرایط هایپوکسی می‌تواند باعث کاهش فشار خون بیشتر پس از فعالیت مقاومتی نسبت به شرایط نورموکسی پس از فعالیت مقاومتی شود. که نتایج این تحقیق در مقایسه با مطالعه حاضر بیشتر از جهت محدودیت تنفس همخوانی دارد چرا که یافته‌های اصلی پژوهش ما عدم تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های با و بدون محدودیت جریان خون و ماسک تمرینی را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

به‌طور خلاصه، با انجام تمرینات مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون و ماسک تمرینی، پاسخ‌های همودینامیکی افزایش می‌یابد. همچنین، در بیشتر مطالعات اثر تمرینات با محدودیت جریان خون بیشتر از روش‌های محدودیت در تنفس همچون ماسک تمرینی گزارش شده است. باوجوداین، هنوز به قطعیت نمی‌توان گفت کدامیک از روش‌های تمرینی مذکور در پیشبرد اهداف ورزشی و تندرستی می‌توانند مؤثرتر واقع شوند. بنابراین، پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آینده، مقایسه‌ای بین تمرینات مقاومتی، سرعتی و استقامتی با و بدون محدودیت جریان خون،

Reference

- Scott BR, Slattery KM, Sculley DV, Dascombe BJ. Hypoxia and resistance exercise: a comparison of localized and systemic methods. *Sports Medicine*. 2014;44(8):1037-54.
- Brown SP, Clemons JM, He Q, Liu S. Effects of resistance exercise and cycling on recovery blood pressure. *Journal of Sports Sciences*. 1994;12(5):463-8.
- Kenney MJ, Seals DR. Postexercise hypotension. Key features, mechanisms, and clinical significance. *Hypertension*. 1993;22(5):653-64.
- Malik M, Camm AJ. Heart rate variability. *Clinical cardiology*. 1990;13(8):570-6.
- Ramadan W, Xirouchaki Ce, Mustafa R, Saad A, Benite-Ribeiro Sa. Effect of wearing an elevation training mask on physiological adaptation. *Journal of Physical Education & Sport*. 2021;21.(۳)
- Campen MJ, Tagaito Y, Jenkins TP, Balbir A, O'Donnell CP. Heart rate variability responses to hypoxic and hypercapnic exposures in different mouse strains. *Journal of Applied Physiology*. 2005;99(3):807-13.
- Abe T, Hinata S, Koizumi K, Sato Y. Day-to-day change in muscle strength and MRI-measured skeletal muscle size during 7 days KAATSU resistance training: A case study. *International Journal of KAATSU Training Research*. 2005;1(2):71-6.
- Abe T, Yasuda T, Midorikawa T, Sato Y, Inoue K, Koizumi 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.
- Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine And Science In Sports And Exercise*. 2002;34(2):364-80.
- Vingren JL, Kraemer WJ, Ratamess NA, Anderson JM, Volek JS, Maresh CM. Testosterone physiology in resistance exercise and training. *Sports Medicine*. 2010;40(12):1037-53.
- Mohebbi H, Rahmaninia F, Vatani DS, Faraji H. Post-exercise responses in blood pressure, heart rate and rate pressure product in endurance and resistance exercise. *Medicina Dello Sport*. 2010;63(2):209-19.
- Okamoto T, Masuhara M, Ikuta K. Relationship between plasma endothelin-1 concentration and cardiovascular responses during high-intensity eccentric and concentric exercise. *Clinical Physiology And Functional Imaging*. 8-43:(1)28;2008.
- Arimoto M, Kijima A, Muramatsu S. Cardiorespiratory response to dynamic and static leg press exercise in humans. *Journal of Physiological Anthropology And Applied Human Science*. 2005;24(4):277-83.
- Wong A, Nordvall M, Walters-Edwards M, Lastova K, Francavillo G, Summerfield L, et al. Cardiac autonomic and blood pressure responses to an acute bout of kettlebell exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2021;35:S173-S9.
- Picón MM, Chulvi IM, Cortell J-MT, Tortosa J, Alkhadar Y, Sanchis J, et al. Acute cardiovascular responses after a single bout of blood flow restriction training. *International Journal of Exercise Science*. 2018;11(2):20.



Medicine & Science in Sports & Exercise. 2003;35(7):1203-8.

30. Boroujerdi SS, Rahimi R. Acute GH and IGF-I responses to short vs. long rest period between sets during forced repetitions resistance training system. South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation. 2008;30(2):31-8. [In persian]

31. Crewther B, Keogh J, Cronin J, Cook C. Possible stimuli for strength and power adaptation. Sports Medicine. 2006;36(3):215-38.

32. Abe T, CF K, Fujita S, Sakamaki M, Sato Y, WF B. Skeletal muscle size and strength are increased following walk training with restricted leg muscle blood flow: implications for training duration and frequency. International Journal of KAATSU Training Research. 2009;5(1):9-15.

33. Kraemer WJ, Ratamess NA. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. Sports Medicine. 2005;35(4):339-61.

34. Kraemer WJ, Marchitelli L, Gordon SE, Harman E, Dziados JE, Mello R, et al. Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. Journal of Applied Physiology. 1990;69(4):1442-50.

35. Reeves GV, Kraemer RR, Hollander DB, Clavier J, Thomas C, Francois M, et al. Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion. Journal of Applied Physiology. 2006;101(6):1616-22.

36. López-Pérez ME, Romero-Arenas S, Colomer-Poveda D, Keller M, Márquez G. Psychophysiological Responses During a cycling test to exhaustion while wearing the elevation training mask. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2021.

37. Loenneke JP, Kim D, Fahs CA, Thiebaud RS, Abe T, Larson RD, et al. The effects of resistance exercise with and without different degrees of blood-flow restriction on perceptual responses. Journal of Sports Sciences. 2015;33(14):1472-9.

38. MAYO JJ, Kravitz L. A review of the acute cardiovascular responses to resistance exercise of healthy young and older adults. The Journal of Strength & Conditioning Research. 1999;13(1):90-6.

39. Vieira PJ, Chiappa GR, Umpierre D, Stein R, Ribeiro JP. Hemodynamic responses to resistance exercise with restricted blood flow in young and older men. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2013;27(8):2288-94.

40. Tai YL, Marshall EM, Parks JC, Mayo X, Glasgow A, Kingsley JD. Changes in endothelial function after acute resistance exercise using free weights. Journal of Functional Morphology and Kinesiology. 2018;3(2):32.

41. Duncan MJ, Birch SL, Oxford SW. The effect of exercise intensity on postresistance exercise hypotension in trained men. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2014;28(6):1706-13.

42. Pinto RR, Karabulut M, Poton R, Polito MD. Acute resistance exercise with blood flow restriction in elderly hypertensive women: haemodynamic, rating of

16. Paulo AC, Tricoli V, Queiroz AC, Laurentino G, Forjaz CL. Blood pressure response during resistance training of different work-to-rest ratio. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2019;33(2):399-407.

17. Williams JS, Brown SM, Conlin PR. Blood-pressure measurement. N Engl J Med. 2009;360(5):e6.

18. Domingos E, Polito MD. Blood pressure response between resistance exercise with and without blood flow restriction: a systematic review and meta-analysis. Life sciences. 2018;209:122-31.

19. Khazan IZ. The clinical handbook of biofeedback: A step-by-step guide for training and practice with mindfulness: John Wiley & Sons; 2013.

20. Pescatello LS, Franklin BA, Fagard R, Farquhar WB, Kelley GA, Ray CA. Exercise and hypertension. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2004;36(3):533-53.

21. Kingsley JD, Figueroa A. Acute and training effects of resistance exercise on heart rate variability. Clinical Physiology and Functional Imaging. 2016;36(3):179-87.

22. Iida H, Kurano M, Takano H, Kubota N, Morita T, Meguro K, et al. Hemodynamic and neurohumoral responses to the restriction of femoral blood flow by KAATSU in healthy subjects. European Journal of Applied Physiology. 2007;100(3):275-85.

23. Huang S-C, Wong M-K, Wang J-S. Systemic hypoxia affects cardiac autonomic activity and vascular hemodynamic control modulated by physical stimulation. European Journal of Applied Physiology. 2009;106(1):31-40.

24. Somers VK, Mark AL, Abboud FM. Interaction of baroreceptor and chemoreceptor reflex control of sympathetic nerve activity in normal humans. The Journal of Clinical Investigation. 1991;87(6):1953-7.

25. Halliwill JR, Minson CT. Effect of hypoxia on arterial baroreflex control of heart rate and muscle sympathetic nerve activity in humans. Journal of Applied Physiology. 2002;93(3):857-64.

26. Kleinnibbelink G, Stens NA, Fornasiero A, Speretta GF, Van Dijk AP, Low DA, et al. The acute and chronic effects of high-intensity exercise in hypoxia on blood pressure and post-exercise hypotension: a randomized cross-over trial. Medicine. 2020;99 (29).

27. Rahmani A, Mirzaei B. The acute effects of resistance exercise with blood flow and respiratory restriction on blood lactate and growth hormone in collegiate wrestlers. Metabolism and Exercise. 2018;8(2):137-50. [Im Persian]

28. García-Ramos A, Barboza-González P, Ulloa-Díaz D, Rodríguez-Perea A, Martínez-García D, Guede-Rojas F, et al. Reliability and validity of different methods of estimating the one-repetition maximum during the free-weight prone bench pull exercise. Journal of Sports Sciences. 2019;37(19):2205-12.

29. Burgomaster KA, Moore DR, Schofield LM, Phillips SM, Sale DG, Gibala MJ. Resistance training with vascular occlusion: metabolic adaptations in human muscle.

perceived exertion and blood lactate. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. 2018;38(1):17-24.

43. Drouet PC, Archer DC, Munger CN, Coburn JW, Costa PB, Bottaro M, et al. Hypotensive Effects Following Upper vs. Lower Body Resistance Exercise Between Normotensive and Prehypertensive Men. *Journal of Exercise Physiology Online*. 2017;20.(*)

44. Rezk C, Marrache R, Tinucci T, Mion D, Forjaz C. Post-resistance exercise hypotension, hemodynamics, and heart rate variability: influence of exercise intensity. *European Journal of Applied Physiology*. 2006;98(1):105-12.

45. Figueiredo T, Willardson JM, Miranda H, Bentes CM, Reis VM, Simão R. Influence of load intensity on postexercise hypotension and heart rate variability after a strength training session. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2015;29(10):2941-8.

46. 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.

47. Neto GR, Sousa MS, Costa e Silva GV, Gil AL, Salles BF, Novaes JS. Acute resistance exercise with blood flow restriction effects on heart rate, double product, oxygen saturation and perceived exertion. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. 2016;36(1):53-9.

48. Neto GR, Novaes JS, Salerno VP, Gonçalves MM, Piazero BK, Rodrigues-Rodrigues T, et al. Acute effects of resistance exercise with continuous and intermittent blood flow restriction on hemodynamic measurements and perceived exertion. *Perceptual and Motor Skills*. 2017;124(1):277-92.

49. Scott BR, Slattery KM, Sculley DV, Hodson JA, Dascombe BJ. Physical performance during high-intensity resistance exercise in normoxic and hypoxic conditions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2015;29(3):807-15.

50. Horiuchi M, Ni-I-Nou A, Miyazaki M, Ando D, Koyama K. Impact of resistance exercise under hypoxia on postexercise hemodynamics in healthy young males. *International Journal of Hypertension*. 2018;2018.