http://dx.doi.org/10.22049/jahssp.2024.29728.1653

Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology
?????/????? ?????
Volume ?, Number ?
?-??

Original Article **Open Access**

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 Rahmani[1], Javad Mehrabani*[2]

Accepted 2024 July 09; Receive 2024 May 12

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.

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

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

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: 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. ?????; ?(In press): ?-??.
Owner and Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University
Journal ISSN (online): 2676-6507
Access Type: Open Access
DOI: 10.22049/jahssp.2024.29728.1653

In press

Copyright ©The authors

http://dx.doi.org/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 (۱) (. 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))(۳). 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 (۴)). 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. The Shapiro-Wilk test was used to assess the normality of the data distribution. To compare the means of the research variables, mixed-design ANOVA, repeated measures ANOVA, and Bonferroni post-hoc analysis were utilized. All hypothesis tests were conducted 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.

In press

Copyright ©The authors

http://dx.doi.org/10.22049/jahssp.2024.29728.1653

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.

In press

Copyright ©The authors Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

JAHSSP

http://jahssp.azaruniv.ac.ir/

http://dx.doi.org/ 10.22049/jahssp.2024.29728.1653

مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش

سال ?، شماره ? ؛

? و ? ؟؟؟؟؛ صفحات ?-؟؟

Open Access مقاله پژوهشی

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

ابوالفضل رحمانی[1]، جواد مهربانی[2*]

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، فشارخون 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 ۵/۷۰ ± ۲۹/۱۸ سال و شاخص توده بدنی ۳/۸۰ ± ۲۵/۲۷ 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 بازشدن پا بود. پاسخ‌های قلبی_عروقی قبل، بلافاصله و هر ۵ دقیقه یک‌بار به‌مدت ۶۰ دقیقه جمع‌آوری شد. داده‌ها با استفاده از روش اندازه‌گیری مکرر تحلیل واریانس با نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۳) در سطح معناداری p <۰/۰۵ مورد بررسی قرار گرفت. **یافته‌ها:** برمبنای نتایج به‌دست آمده هر سه روش تمرینی می‌تواند موجب افزایش معنی‌دار پاسخ‌های همودینامیک از جمله تغییرپذیری ضربان قلب و فشار خون به‌جز فشارخون دیاستولیک پس از فعالیت شود. این افزایش بلافاصله پس از تمرین مشاهده شد، اما تفاوت معنی داری بین گروه ها مشاهده نشد. (p<۰/۰۵). **نتیجه-گیری:** 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 این‌گونه 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، فشارخون، ضربان قلب، اتونومیک قلب، ورزشکار

نحوه ارجاع: رحمانی، ابوالفضل. مهربانی، جواد. "پاسخ هزینه اکسیژن میوکارد، فشارخون 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

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

شاپای الکترونیکی: ۲۶۷۶-۶۵۰۷

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

In press

Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

JAHSSP
http://jahssp.azaruniv.ac.ir/
http://dx.doi.org/10.22049/jahssp.2024.29728.1653

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 فشارخون می‌شود که می-تواند روش سودمندی درزمینه‌ی ورزشی و بالینی باشد (۹). هایپوکسی موضعی (BFR)[1] 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). ازسوی 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 فشارخون استراحتی را در دقایق و ساعت‌های پس از فعالیت کاهش دهد. این کاهش موقت فشارخون، افت فشارخون پس از فعالیت (PEH)[2] 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 هایپوکسی 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 قلبی‌عروقی می‌تواند باعث افزایش ضربان قلب، فشارخون سیستولی و دیاستولی شوند (۱۳). ونگ[3] و همکاران (۲۰۲۱) نشان داده‌اند که فعالیت‌های مقاومتی حاد باعث افزایش تعادل سمپاتوواگال[4]و کاهش فشار خون به‌مدت ۳۰-۱۰ دقیقه پس از انجام فعالیت شود (۱۴). در پژوهشی دیگر پیکون[5] و همکاران (۲۰۱۸) مشاهده کردند که فعالیت ورزشی با محدودیت جریان خون می‌تواند افت فشار خون پس ار فعالیت را در افراد دارای فشار خون بالا ایجاد کند (۱۵). دارد .همچنین، نتایج کلی حاصل از پژوهش پائولو[6] 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 فشارخون 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[7] 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)[8]می‌نامند. تغییرپذیری ضربان قلب به‌عنوان یک روش غیرتهاجمی برای ارزیابی ضربان قلب توسط بخش‌های پاراسمپاتیک و سمپاتیک سیست عصبی خودمختار مورد استفاده قرارگرفته 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[9] 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 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

1 . Blood flow restriction
2. Post exercise hypotention
3 .Wong
4. Sympathovagal
5. Picón
6. Paulo
۷. Domingos
8. Heart Rate Variability
9 . R-R Interval

In Press
Copyright ©The authors
Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

JAHSSP

http://jahssp.azaruniv.ac.ir/

http://dx.doi.org/10.22049/jahssp.2024.29728.1653

می‌تواند به‌طور موقت فشارخون 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 عمکلرد تنظیم خودکار (اتونوم) حالت استراحت اختلال دارند، اثر مثبت‌تری داشته باشد (۲۱). لیدا[۲] و همکاران (۲۰۰۷) تغییرات مشابهی ازجمله 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 براین، کامپن[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 فشارخون سیستولی و کاهش دیاستولیک شود، اما، تفاوت معنی‌داری در فشارخون 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، مربیان 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

تحقیق حاضر کاربردی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود که به‌صورت کانتر بالانس، 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، فشارخون 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، به‌عنوان 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 باوزنه باشگاه ورزشی فیتکده، حضور یافتند. به‌علاوه، ویژگی‌های اولیه آزمودنی‌ها مانند سن، قد، وزن، ترکیب بدن (شاخص توده‌ی بدنی)، ضربان قلب و فشارخون در حالت نشسته اندازه‌گیری شد. همچنین، پس از جلسات آشنایی و اطمنیان 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؛ تعداد ضربان قلب[۶]، فشارخون 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:

$$MAP = DBP + 1/3(SBP - DBP)$$

$$HR \times RPP = SBP$$

علاوه براین، برای سنجش HRV از ضربان سنج و بلت فول پولار H10 و نرم افزارهای Elite HRV و Kubios استفاده شد. همچنین، 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 در خواست پژوهشگر همه افراد باید شب قبل از تمرین خواب کافی (۷-۸ ساعت) داشته بودند. همچنین، افراد شرکت کننده تا دوساعت قبل از شروع جلسه‌ی آزمون نباید غذا یا مایعاتی به غیر از آب مصرف می‌کردند.

۱ . Kingsley
2 . Lida
3 . Campen
4 . Leg Extention
5 . (100*W(KG))/ (48.8+[53.8*e^(-0.075*rep)])
6. Heart Rate
7. Systolic blood pressure
8 . Diastolic blood pressure
9 . Mean blood pressure
10 . Heart Rate Variability
11 . Rate pressure product

In press

Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

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 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 جلوپا دستگاه بود که به صورت، یک نوبت[1] ۲۰ تکرار با ۳۰-۴۰ ثانیه استراحت بین نوبت‌ها با ۲۰ الی ۵۰ درصد حداکثر قدرت بیشینه 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 حدود۱۰-۵ 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 بازوست) (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 ۲۰-۵۰ درصد 1RMدر نظر گرفته شد. البته برای اینکه مدت زمان تمرین مقاومتی برای تمام آزمودنی‌ها یکسان باشد، مدت هر انقباض باید در تمام اجرای تمرین با زمان‌سنج 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 زیرنظر پارک علم و فناوری فارس استفاده شد. همچنین، شرایط هایپوکسی سیستمیک را به وسیله ماسک تمرینی فانتوم اتلتیکس 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 آزمونگر قرار داشت (۲۷, ۳۶). لازم به ذکر است که گروه کنترل تنها روش مرسوم وزنه زدن (۷۵ -۸۰درصد یک تکرار بیشینه) را بدون هیچ محدودیتی اجرا کرد (تصویر۱و۲).

تمام جلسات تمرینی در بعدظهر (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 میوه (دارای پتاسیم زیاد)، بتابلاکرها و داروهای محرک ضربان قلب منع شدند. نمونه-های 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 الی۶۰ دقیقه در هر ۵ دقیقه) از اجرای پروتکل تمرینی فشارخون و ضربان قلب اندازه‌گیری شد. علاوه براین، تغییرپذیری ضربان قلب در بازه‌های قبل و پس از فعالیت در بلافاصله پس از اتمام فعالیت تا ۵ دقیقه و در دقایق ۵ الی ۱۰، ۱۵ الی ۲۰، ۲۵ الی ۳۰ ، ۳۵الی ۴۰،۴۵ الی ۵۰ و ۵۵ الی 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 برحسب کیلوگرم) تقسیم‌بر (قد برحسب متر به توان ۲) محاسبه شد. برای آگاهی از فشارخون استراحتی آزمودنی‌ها از دستگاه فشارسنج جیوه‌ای (آلپی کادو مدل V-300) استفاده شد (۲۷).

تصویر۲. حرکت جلوپا دستگاه با محدودیت جریان خون

تصویر۱. حرکت جلوپا دستگاه با ماسک هایپوکسی

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ تجزیه‌وتحلیل شدند. به‌منظور تعیین طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو_ویلک استفاده شد. جهت مقایسه میانگین متغیرهای پژوهش از آزمون‌های تجزیه و تحلیل واریانس مختلط، 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 شاخص های آنتروپومتریک و فیزیولوژک آزمودنی‌ها از قبیل سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی، WHR، ضربان قلب پایه، فشار خون پایه و میزان مصرف اکسیژن پایه، متوسط فشار خون شریانی پایه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. شاخص های آنتروپومتریک و فیزیولوژیک آزمودنی‌ها (انحراف استاندارد ± میانگین)

[1] . Set

In Press

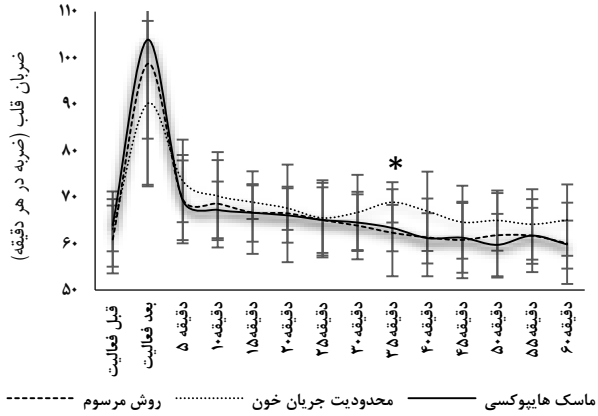
Copyright ©The authors

JAHSSP

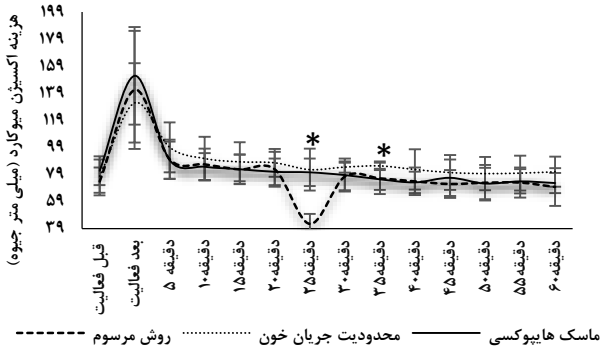
http://jahssp.azaruniv.ac.ir/

http://dx.doi.org/10.22049/jahssp.2024.29728.1653

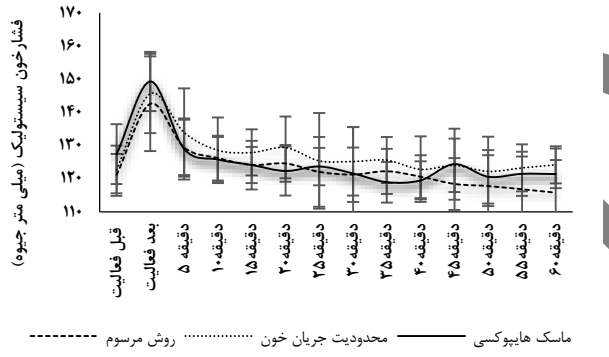
	انحراف استاندارد ± میانگین
سن (سال)	۲۹/۱۸ ± ۵/۷۰
وزن (کیلوگرم)	۸۰/۷۲ ± ۱۵/۵۳
قد (متر)	۱/۷۸ ± ۰/۰۶
BMI (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۵/۲۷ ± ۳/۸۰
WHR	۰/۹۰ ± ۰/۰۴
ضربان قلب پایه	۵۹/۸۱ ± ۶/۴۱
فشارخون سیستولیک پایه (میلی لیتر جیوه)	۱۱۹/۷۲ ± ۷/۲۴
فشارخون دیاستولیک پایه (میلی لیتر جیوه)	۶۴/۶۳ ± ۶/۷۴
میزان مصرف اکسیژن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



نمودار۱، مقایسه ضربان قلب در روش‌های مختلف تمرین. نتایج آزمون تحلیل واریانس مختلط برای میانگین متغیر پاسخ ضربان قلب نشان داد اثر درون گروهی (p=۰/۰۰۱، F=۷۹/۴۶۵) از لحاظ آماری معنی‌دار است اما اثر بین گروهی (p=۰/۲۶۶، F=۱/۴۱۷) 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 معنی داری وجود ندارد. *تفاوت معنی‌دار در مقایسه با زمان‌های دیگر بعد از فعالیت p<۰/۰۵ .



نمودار۲، مقایسه هزینه اکسیژن میوکارد در روش‌های مختلف تمرین. نتایج آزمون تحلیل واریانس مختلط برای میانگین متغیر هزینه اکسیژن میوکارد نشان داد اثر درون گروهی (p=۰/۰۰۱، F=۸۳/۴۷۳) از لحاظ آماری معنی‌دار است اما اثر بین گروهی (p=۰/۲۵۳، F=۱/۴۷۵) از لحاظ آماری معنی‌دار نیست. بین سه وضعیت تمرینی نشان داد بین میانگین متغیر پاسخ هزینه ی اکسیژن میوکارد قبل و بعد از فعالیت ورزشی مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون و ماسک تمرینی تفاوت معنی داری وجود ندارد. *تفاوت معنی‌دار در مقایسه با زمان‌های دیگر بعد از فعالیت p<۰/۰۵ .

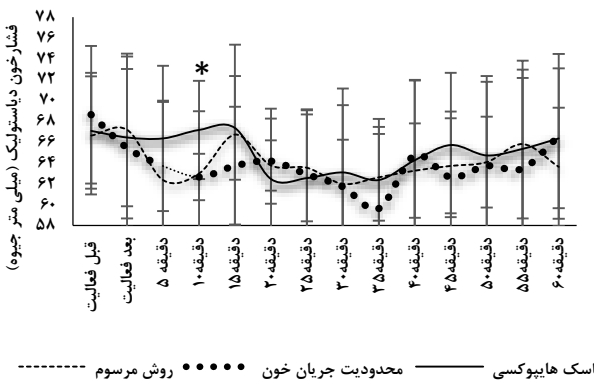


نمودار۳، مقایسه فشارخون سیستولیک در روش‌های مختلف تمرین. نتایج آزمون تحلیل واریانس مختلط برای میانگین متغیر فشارخون سیستولیک نشان داد اثر درون گروهی (p=۰/۰۰۱، F=۱۰۰/۵۹۶) از لحاظ آماری معنی‌دار است اما اثر بین گروهی (p=۰/۱۳۷، F=۲/۱۹۶) از لحاظ آماری معنی‌دار نیست. بین سه وضعیت تمرینی نشان داد بین میانگین متغیر پاسخ فشار خون سیستولی قبل و بعد از فعالیت ورزشی مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون و ماسک تمرینی تفاوت معنی داری وجود ندارد.

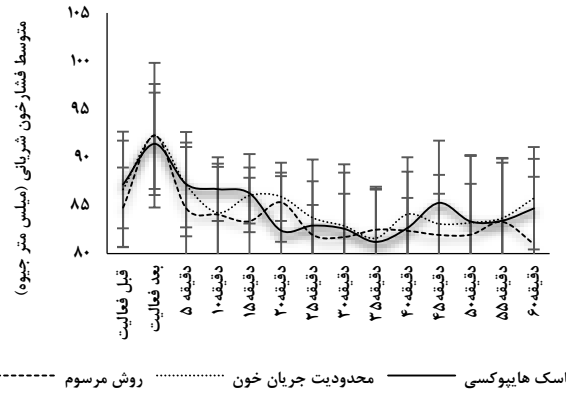
In Press

Copyright ©The authors

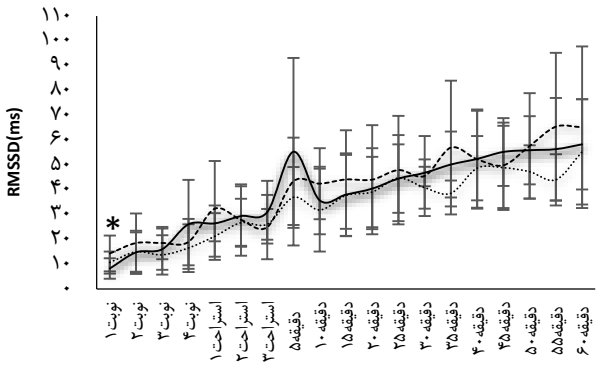
Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University



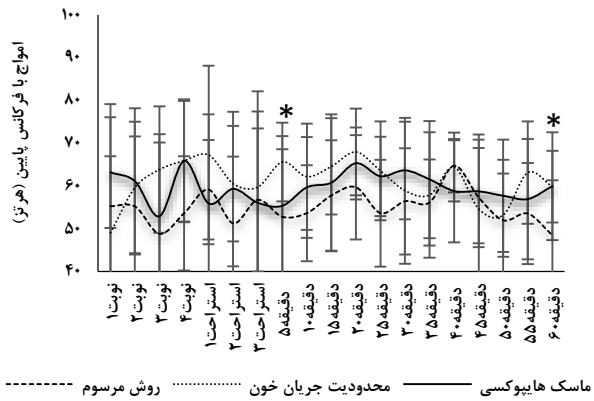
نمودار٤، مقایسه فشارخون دیاستولیک در روش‌های مختلف تمرین. نتایج آزمون تحلیل واریانس مختلط برای میانگین متغیر فشارخون دیاستولیک نشان داد اثر درون گروهی (F=۰/۳۶۹ ،p=۰/۵۵۷) و اثر بین گروهی (F=۰/۰۱۲ ،p=۰/۹۸۸) از لحاظ آماری معنی‌دار نیست. بین سه وضعیت تمرینی نشان داد بین میانگین متغیر پاسخ فشار خون دیاستولی قبل و بعد از فعالیت ورزشی مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون و ماسک تمرینی تفاوت معنی داری وجود ندارد. *تفاوت معنی‌دار در مقایسه با زمان‌های دیگر بعد از فعالیت p<۰/۰۵ .



نمودار۵، مقایسه متوسط فشارخون در روش‌های مختلف تمرین. نتایج آزمون تحلیل واریانس مختلط برای میانگین متغیر متوسط فشارخون شریانی نشان داد اثر درون گروهی (F=۲۶/۰۷۵ ،p=۰/۰۰۱) از لحاظ آماری معنی‌دار است اما اثر بین گروهی (F=۰/۱۶۹ ،p=۰/۸۴۶) از لحاظ آماری معنی‌دار نیست. بین سه وضعیت تمرینی نشان داد بین میانگین متغیر متوسط فشار خون شریانی قبلو بعد از فعالیت ورزشی مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون و ماسک هایپوکسی تفاوت معنی داری وجود ندارد.



نمودار٦، مقایسه RMSSD (ریشه توان دوم تفاوت‌های میانگین مربعات اینتروال‌های موج R نسبت به موجRبعدی با واحد میلی‌ثانیه) در روش‌های مختلف تمرین. نتایج آزمون تحلیل واریانس مختلط برای میانگین متغیر RMSSD نشان داد اثر درون گروهی (F=۵/۲۳۹ ،p=۰/۰۰۵) از لحاظ آماری معنی‌دار است اما اثر بین گروهی (F=۱/۰۴۴ ،p=۰/۳۷۱) از لحاظ آماری معنی‌دار نیست. بین سه وضعیت تمرینی در هر نوبت نشان داد بین میانگین متغیر RMSSD بین سه وضعیت تمرینی فقط در نوبت اول تفاوت معنی داری وجود دارد. *تفاوت معنی‌دار در مقایسه با نوبت‌های دیگر p<۰/۰۵ .



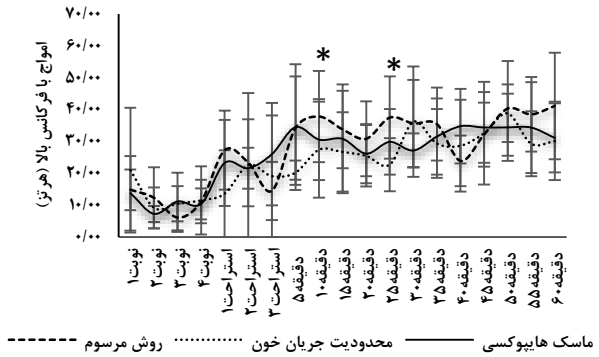
نمودار۷، مقایسه امواج با فرکانس پایین (LF) در روش‌های مختلف تمرین. نتایج آزمون تحلیل واریانس مختلط برای میانگین متغیر LF نشان داد اثر درون گروهی (F=۰/۸۵۵ ،p=۰/۴۷۵) و اثر بین گروهی (F=۲/۷۹۸ ،p=۰/۰۸۵) از لحاظ آماری معنی‌دار نیست. بین سه وضعیت تمرینی در هر نوبت نشان داد بین میانگین متغیر LF در نوبت‌های استراحت بین سه وضعیت تمرینی در هر نوبت تفاوت معنی داری وجود ندارد. *تفاوت معنی‌دار در مقایسه با زمان‌های دیگر بعد از فعالیت p<۰/۰۵ .

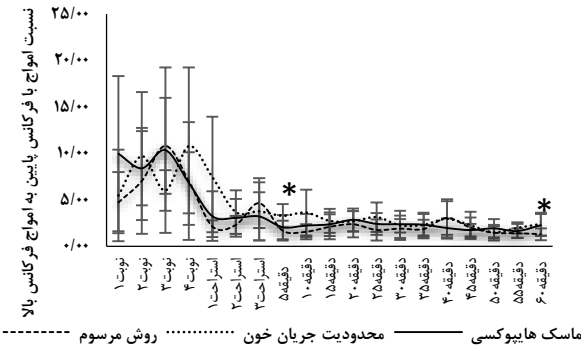
Copyright ©The authors

JAHSSP

http://jahssp.azaruniv.ac.ir/

http://dx.doi.org/10.22049/jahssp.2024.29728.1653





نمودار۸، 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=۰/۰۲۰، F=۵/۰۳۳) و اثر بین گروهی (p=۰/۳۴۵، F=۱/۱۲۳) 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 معنی داری وجود ندارد. *تفاوت معنی‌دار در مقایسه با زمان‌های دیگر بعد از فعالیت $p<۰/۰۵$.
*سطح معنی‌داری $p<۰/۰۵$ می‌باشد.

نمودار۹، 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 (p=۰/۲۸۷، F=۱/۳۱۸) و اثر بین گروهی (p=۰/۵۸۷، F=۰/۵۴۶) از لحاظ آماری معنی‌دار نیست. بین سه وضعیت تمرینی در هیچ کدام از ست ها تفاوت معنی داری وجود ندارد. *تفاوت معنی‌دار در مقایسه با زمان‌های دیگر بعد از فعالیت $p<۰/۰۵$.
*سطح معنی‌داری $p<۰/۰۵$ می‌باشد.

بحث

به‌خوبی مشخص‌شده است که در طی انجام فعالیت‌های مقاومتی اعم از استفاده از دستگاه‌ها و وزنه‌های آزاد ضربان قلب، فشارخون سیستولی و دیاستولی افزایش می‌یابد. نتایج این بخش از تحقیق نشان داد که ضربان قلب، هزینه اکسیژن میوکارد، فشارخون سیستولی، دیاستولی و متوسط فشارخون 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 فشارخون دیاستولی را به دنبال داشت. همچنین، بین سه وضعیت تمرینی تفاوتی بین ضربان قلب، هزینه اکسیژن میوکارد، فشارخون سیستولی، دیاستولی و متوسط فشار خون شریانی قبل، بلافاصله و ۵_۶۰ دقیقه‌ای بعد از فعالیت ورزشی مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون و ماسک هایپوکسی وجود نداشت. البته، بین پاسخ فشارخون دیاستولی و متوسط فشارخون 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 فشارخون (به‌ویژه کاهش فشارخون) پس از فعالیت به‌خوبی شناخته‌شده نیست و به‌احتمال‌زیاد یک سازوکار چندعاملی است. البته، اندازه و مدت‌زمان فشردگی عضله ممکن است متفاوت با طراحی تمرین (بار، تکرار و توده عضلانی) باعث پاسخ‌های مختلف قلبی عروقی شود. علاوه بر این، فعالیت مقاومتی با شدت بالا می-تواند موجب کاهش اکسیژن‌رسانی به عضلات فعال شود که همین امر با افزایش متابولیت‌هایی موضعی همراه است که درنهایت با تحریک گیرنده-های 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 وRPP جز DBP وMAP در همه مراحل تمرین در مقایسه باحالت 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-اِرا[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

۱. Vieira

In press

Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

MAP و RPP تحقیق حاضر به‌ترتیب همسو و غیرهمسو بود که دلیل ناهمسو بودن آن می‌تواند سطح آمادگی آزمودنی‌ها (افراد جوان و مسن)، نوع تمرین (بازشدن پا در برابر جلوبازو) و عضلات درگیر (پا در برابر بازو) باشد. همچنین، تای 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 فشارخون 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 براین، 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 (۸۰درصد 1RM)، فشار خون در ۵۰ و ۶۰ دقیقه ریکاوری نسبت به تمرین با شدت کم به طور 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 مقایسه‌ی فعالیت ورزشی مقاومتی کم شدت با محدودیت جریان (۲۰٪ 1RM) و فعالیت مقاومتی با شدت بالا (سنتی ۶۵٪ 1RM) را بر پاسخ‌های همودینامیک، میزان درک فشار و لاکتات خون در زنان مسن دارای فشارخون 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 بین‌جلسات نیز همسو می‌باشد. همچنین، دومینگاس[۳] و همکاران (۲۰۱۸) در یک مقاله مروری سیستمکاتیک 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 بامطالعه 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 فشارخون بعد از فعالیت تفاوت معنی‌داری با یک‌دیگر ندارند. این نتایج نشان می‌دهد که فعالیت ورزشی با و بدون محدودیت می‌تواند به یک میزان منجر به PEH شود. درویت[۴] و همکاران (۲۰۱۷)تغییرات فشارخون پس از تمرینات مقاومتی بالاتنه و پایین تنه در مردان با فشارخون 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 (LBRE)[۶] کاهش فشار خون سیستولی 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 سیستولی 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 سیستولیک را در شدت‌های ۴۰ و ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه و کاهش فشار خون دیاستولیک را در شدت 1RM ۴۰٪ افزایش در گروه کنترل و عدم تغییر را در شدت 1RM ۸۰٪ نشان داد. علاوه براین، 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، فیگوئیردو 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 می‌باشد 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 درصد یک تکرار بیشینه را تجویز نمایند. همچنین، کینگزلی[۸] و همکاران (۲۰۱۶) اثر حاد و تمرینی فعالیت ورزشی مقاومتی را در یک مطالعه مروری بر تغییرپذیری

۱. Duncan
2. Pinto
3. Domingos
۴. Drouet
۵. Upper body resistance exercise
۶. lower body resistance exercise
7. Rezk
۸. Kingsley

In Press

Copyright ©The authors

JAHSSP

http://jahssp.azaruniv.ac.ir/

http://dx.doi.org/10.22049/jahssp.2024.29728.1653

ضربان قلب را مورد بررسی قرار دادند (۴۳). به احتمال بالا یک دوره‌ی فعالیت ورزشی مقاومتی حاد اندام پایین تنه (پاها) و یا تمام بدن بتواند باعث کاهش طولانی‌مدت تنظیم تعادل عصب واگ در بزرگسالان جوان سالم شود. همان‌طور 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 عمکلرد تنظیم خودکار (اتونوم) حالت استراحت اختلال دارند، اثر مثبت‌تری داشته باشد.

در مطالعه‌ای دیگر روسو[1] 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 بین‌گروه‌ها 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 فشارخون پس از فعالیت ورزش می‌کند، بهتر است تمرین مقاومتی با شدت بالا را در برنامه خود بگنجاند. علاوه براین، در یک مقاله مروری سیتماتیک نتو و همکاران (۲۰۱۷) به اثر تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون بر پاسخ‌های همودینامیکی پرداختند (۴۴). به‌طور کلی، پروتکل‌های تمرینی که از BFR مداوم پس از یک جلسه تمرین مقاومتی با شدت کم بهره می‌برند، ظاهراً BP، HR و RPP افزایش بیشتری نسبت به پروتکل-های تمرین مقاومتی با شدت کم بدون BFR از خود نشان دادند. در مطالعه‌ای دیگر نتو[2] 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[3] و همکاران (۲۰۱۶) افزایش حاصل ضرب دوگانه، ضربان قلب و میزان درک فشار را در هر دو گروه نشان دادند. در حالی که، فشارخون سیستول و دیاستول به‌طور قابل توجهی در گروه با محدودیت جریان خون افزایش داشت. این تحقیق با نتایج ما که با محدویدت جریان خون اجرا کردیم تا حد زیادی همخوانی داشت در حالی که در تحقیق ما میزان RPP، HR، SBP و DBP در بین‌گروها تفاوتی را از خود نشان نداد. این یعنی اینکه، هر سه روش تمرینی می‌تواند به یک میزان نزدیک به‌هم باعث افزایش پاسخ‌های همودینامیکی شود. در پژوهشی دیگر، نتو و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی اثر حاد فعالیت مقاومتی با محدودی جریان خون مداوم و تناوبی بر شاخص‌های همودینامیک و میزان درک فشار پرداختند (۴۶). به‌طور 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[4] و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که فعالیت ورزشی به‌کمک کتل‌بل می‌تواند موجب کاهش فشار خون به‌مدت ۳۰-۱۰ دقیقه پس از انجام فعالیت شود که با نتایج پژوهش حاضر تطابق دارد (۴۷). از سوی دیگر، پائولو[5] و همکاران (۲۰۱۹) پاسخ فشار خون را در فعالیت مقاومتی با نسبت کار به استراحت مختلف مورد مطالعه قرار دادند (۴۸). آن‌هامشاهده کردند که انجام فعالیت مقاومتی با حرکت بازشدن 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 به‌دست آده همسو می‌باشد. علاوه براین، اسکوت[6] و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که ضربان قلب در شرایط هایپوکسی می‌تواند به‌طور 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 ناهمسویی این پژوهش را می‌توان به نوع حرکات (جلو پا در برابر اسکوات و ددلیفت) 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 به‌طور معنی‌داری سبب افزایش و تفاوت مشهودی در دامنه‌ی امواج با فرکانس بالا (HF) و امواج با فرکانس پایین (LF) شود. چرا که این امواج به‌ترتیب 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 فرکانس‌محور 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[7] 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 به‌طور

1 .Rossow
2 . Neto
3. Bzgir
4 . Wong
5. Paulo
6 . Scott
7 . Horiuchi

In Press

Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

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 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 بامطالعه 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 گزارش‌شده 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، 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 موردبررسی قرار گیرد. همچنین، براساس 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 تمام آزمودنی های شرکت کننده در مطالعه اعلام می دارد.

تعارض مناقع

در انجام مطالعه ی حاضر نویسندگان هیچ گونه تضاد منافعی نداشتند.

Reference

1. 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.
2. 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.
3. Kenney MJ, Seals DR. Postexercise hypotension. Key features, mechanisms, and clinical significance. Hypertension. 1993;22(5):653-64.
4. Malik M, Camm AJ. Heart rate variability. Clinical cardiology. 1990;13(8):570-6.
5. 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)
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. Picón MM, Chulvi IM, Cortell J-MT, Tortosa J, Alkhadar Y, Sanchís J, et al. Acute cardiovascular responses after a single bout of blood flow restriction training. International journal of exercise science. 2018;11(2):20.

In Press

Copyright ©The authors

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.

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.(۳۹)

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, Rodriguez-Perea A, Martinez-Garcia 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.

Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

In Press

42. Pinto RR, Karabulut M, Poton R, Polito MD. Acute resistance exercise with blood flow restriction in elderly hypertensive women: haemodynamic, rating of 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.(۲)
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 ,Piazera 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.

In press

Copyright ©The authors