Archive of SID

علوم زیستی ورزشی – تابستان ۱۳۹۹
دورهٔ ۱۲، شمارهٔ ۲، ص: ۲۳۳ – ۲۲۳
تاریخ دریافت : ۳۰ / ۰۲ / ۹۹
تاریخ پذیرش : ۱۸ / ۰۶ / ۹۹

تأثیر چهار هفته تمرین مقاومتی هایپوکسی بر هایپرتروفی و عملکرد عضلهٔ دوسر بازویی مردان سالم

علی مقدسی[۱] – محمد فشی *[۲] – سجاد احمدی زاد[۳]

۱. کارشناسی ارشد تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران ۲. استادیار، گروه علوم زیستی در ورزش، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران ۳. استاد، گروه علوم زیستی در ورزش، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، تهران، ایران

چکیده

افزایش ترشح عوامل رشدی و متابولیکی به‌وسیلهٔ تمرینات هایپوکسی نشان داده شده، این در حالی است که عملکرد عضلانی به‌عنوان عامل اثرگذار اجرای ورزشی مورد توجه قرار نگرفته است. هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر ۴ هفته تمرین مقاومتی در شرایط هایپوکسی بر هایپرتروفی و عملکرد عضلهٔ دوسر بازویی مردان سالم بود. ۱۶ مرد جوان سالم به‌صورت تصادفی در دو گروه تمرین مقاومتی در شرایط هایپوکسی (فشار سهمی اکسیژن ۱۳ درصد: ۸ نفر) و نورموکسی (فشار سهمی اکسیژن ۲۰ درصد: ۸ نفر) قرار گرفتند. برنامهٔ تمرینی برای هردو گروه به مدت ۴هفته شامل ۳ جلسه تمرین (۶۰ درصد یک تکرار بیشینه تا واماندگی، سه سِت و یک دقیقه استراحت) حرکت جلوبازو ایستادهٔ هالتر در هفته با ۴۸ ساعت ریکاوری پس از تمرین انجام گرفت. قدرت به‌وسیلهٔ یک تکرار بیشینه، هایپرتروفی با استفاده از معادلهٔ بورش و عملکرد عضلانی به‌وسیلهٔ دستگاه آیزوکینتیک قبل و بعد از ۴ هفته تمرین ارزیابی شد. در مقایسهٔ دو گروه با هم تفاوت‌های آماری معناداری برای قدرت و شاخص خستگی مشاهده شد ($P\leq ۰/۰۵$). ولی دیگر عوامل شامل درصد چربی دوسر بازویی، هایپرتروفی، گشتاور مفصل آرنج در انقباض درون‌گرا و برون‌گرا، کل کار انجام‌گرفتهٔ عضلهٔ دوسر بازویی در انقباض درون‌گرا و برون‌گرا، نسبت فعالیت عضلات موافق به مخالف تفاوت معناداری نداشتند ($P\geq ۰/۰۵$). به‌نظر می‌رسد ۴هفته تمرین مقاومتی هایپوکسی با بهبود معنادار قدرت و شاخص خستگی همراه می‌شود و این در حالی است که هایپرتروفی و شاخص‌های عملکرد عضلانی با درنظر گرفتن حجم تمرین کمتر در شرایط هایپوکسی تغییرات مشابهی را نشان دادند.

واژه‌های کلیدی

تمرینات مقاومتی، شرایط هایپوکسیک، عملکرد عضلانی، هایپرتروفی.

* نویسندهٔ مسئول : تلفن: ۰۲۱-۲۲۴۳۱۹۶۲ Email: M_fashi@sbu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

از متداول‌ترین روش‌های تمرین ورزشکاران استقامتی، تمرین در ارتفاع است. اما پاسخ کوتاه‌مدت یا بلند به تمرین در ارتفاع متفاوت بوده است. در چند سال گذشته برنامه‌های تمرینی مختلف در ارتفاع به‌کار گرفته شده که از بین این تمرینات زندگی در سطح دریا و تمرین در ارتفاع از بقیهٔ موارد بیشتر توصیه شده است. در این صورت تمرین ورزشکاران در شرایط هایپوکسی و ریکاوری آنها در سطح دریا انجام می‌گیرد (۱).

تمرینات مقاومتی به یکی از محبوب‌ترین روش‌های تمرین برای افزایش آمادگی جسمانی و عملکرد ورزشکاران تبدیل شده است (۲). هایپرتروفی و قدرت عضلانی دو سازگاری کسب‌شده بر اثر تمرین مقاومتی است که بیشتر به شدت تمرینات بستگی دارد. شدت بیشتر از ۶۰ درصد یک تکرار بیشینه برای کسب سازگاری‌های هایپرتروفی و قدرت از طریق تمرین مقاومتی ضروری است (۳). سازوکارهای درگیر در تغییرات عضلانی عوامل متفاوتی را در برمی‌گیرد که از جمله می‌توان به عوامل عصبی، هورمونی، متابولیک و مکانیکی اشاره کرد (۴).

در شرایط هایپوکسی مولکول‌های اکسیژن کمتری در حجم مشخصی از هوا قرار دارد و در نتیجه اکسیژن کمتری در هوای دمی استنشاق می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهد از ارتفاع ۱۵۰۰ متر به ازای هر ۱۰۰ متر افزایش ارتفاع، یک درصد اکسیژن مصرفی بیشینه کاهش می‌یابد (۵). بدن انسان به‌منظور جبران این کاهش نسبی اکسیژن هوا واکنش‌های سازگاری از خود نشان می‌دهد. واکنش‌ها از همان ساعات اولیهٔ رویارویی با ارتفاع شروع می‌شود، اما در بعضی افراد سازگاری کامل به هفته‌ها و ماه‌ها رویارویی و اقامت در ارتفاع نیاز دارد (۶). این کاهش بیشینهٔ اکسیژن مصرفی سبب می‌شود بدن برای جبران کاهش انرژی تولیدی بیشتر از سیستم گلیکولیز استفاده کند و این خود سبب تقویت سیستم گلیکولیز می‌شود. قرارگیری در معرض هایپوکسی می‌تواند موجب بهبود عملکرد بی‌هوازی شود. این بهبود می‌تواند از طریق افزایش ظرفیت بافری عضلات (۶) یا افزایش فعالیت آنزیم‌های گلیکولیتیک باشد (۷). بهبود این دو سبب افزایش فراخوانی تارهای نوع دو و افزایش میزان هیدرولیز فسفوکراتین می‌شود که به سازگاری‌های تمرینات قدرتی می‌انجامد (۹، ۸).

هایپرتروفی تا حدودی متأثر از ترشح هورمون رشد است که سبب افزایش متابولیسم در عضله خواهد شد (۱۰، ۴). همچنین گزارش شده است که هورمون رشد در پاسخ به هر دو محرک تمرین و ارتفاع افزایش می‌یابد (۱۱). به‌علاوه در شرایط هایپوکسی تولید لاکتات به‌دلیل افزایش تکیه بر سوخت بی‌هوازی،

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش می‌یابد. غلظت بالای لاکتات در شرایط هایپوکسی نیز سبب ترشح بیشتر عوامل رشدی از جمله هورمون‌های رشد و تستوسترون می‌شود (۱۳، ۱۲). دیگر نظریه‌ها در این زمینه هایپرتروفی عضلانی را به تولید هورمون‌های سیستمیک نسبت داده‌اند که از تغییر متابولیت‌های عضله آغاز می‌شود. این تغییر با افزایش ترشح هورمون رشد شبه‌انسولینی (IGF-1)، تستوسترون و هورمون رشد در نهایت به افزایش سنتز پروتئین و سطح مقطع عضله منجر می‌شود (۱۵، ۱۴). در پاره‌ای مطالعات، قدرت و هایپرتروفی یا پاسخ‌های هورمونی در شرایط هایپوکسی بررسی شده است (۱۶-۱۸). با وجود این عوامل تأثیرگذار هایپوکسی بر عملکرد عضلانی آیزوکینتیک به‌ندرت بررسی شده است. نیشی مورا و همکاران (۲۰۱۰) برای اولین‌بار اثر مثبت تمرینات مقاومتی هایپوکسی را بر هایپرتروفی و قدرت نشان دادند (۱۶). کروب و همکاران (۲۰۱۴) نیز افزایش هایپرتروفی عضلانی را در نتیجهٔ تمرینات مقاومتی هایپوکسی گزارش کردند (۱۷). این در حالی است که پیشرفت قدرت و هایپرتروفی احتمالاً با بهبود عملکرد عضلانی همراه است. عملکرد عضلانی به قدرت و هایپرتروفی وابسته است و تحت تأثیر تمرینات مقاومتی قرار می‌گیرد (۱۹). بنابراین، هدف از تحقیق حاضر، بررسی تأثیر ۴ هفته تمرین مقاومتی در شرایط هایپوکسی بر هایپرتروفی و عملکرد عضلهٔ دوسر بازویی مردان سالم بود.

روش تحقیق

این تحقیق به‌صورت نیمه‌تجربی است که به مقایسهٔ عملکرد عضلانی در دو گروه تمرین مقاومتی در شرایط طبیعی (نورموکسی) و تمرین مقاومتی در شرایط هایپوکسی پرداخته است. تعداد ۱۶ مرد جوان سالم (سن ۴/۱۴±۲۴/۳۵ سال، شاخص تودهٔ بدن ۰/۸۱±۲۵/۴۰ کیلوگرم بر مترمربع) به‌صورت تصادفی در دو گروه ۸ نفری گروه هایپوکسی (فشار سهمی اکسیژن ۱۳ درصد: ارتفاع ۴۰۰۰ متری) و نورموکسی (فشار سهمی اکسیژن ۱۸ درصد: ارتفاع سطح دریا) قرار گرفتند. شرایط ورود به مطالعه فشار اکسیژن خون ۹۸ میلی‌متر جیوه، نداشتن بیماری‌های تنفسی و کم‌خونی و آسیب جسمانی بود. پروتکل تمرین به مدت ۴ هفته شامل تمرین مقاومتی دوسر بازو در شرایط هایپوکسی (۸ نفر) و تمرین مقاومتی دوسر بازو در شرایط نورموکسی (۸ نفر) با تواتر ۳ جلسه در هفته بود. از آنجا که هدف از انجام تمرینات مقاومتی هایپوکسیک کوتاه کردن سازگاری‌های تمرین مقاومتی است و در مطالعات گذشته اثر مفید ۳ هفته هایپوکسی بر روی قدرت عضلانی گزارش شده است، ۴ هفته پروتکل تمرینی برای تحقیق حاضر برنامه‌ریزی شد (۱۸). آزمودنی‌ها پس از مطالعهٔ کامل روش مطالعه و امضای رضایت‌نامه وارد تحقیق

www.SID.ir

Archive of SID

شدند. آزمودنی‌ها برای خروج از مطالعه در هر مرحله آزاد بودند. تمام مراحل تحقیق توسط کمیتهٔ اخلاق دانشگاه شهید بهشتی بررسی و تأیید شد.

فرایند تحقیق

شرایط هایپوکسی با قرار دادن ماسک متصل به دستگاه هایپوکسی کاتور تک‌نفره روی صورت و تنظیم شرایط هایپوکسی توسط دستگاه کاتور با فشار اکسیژن ۱۳٪ معادل ارتفاع ۴۰۰۰متر از سطح دریا شبیه‌سازی شد. پروتکل تمرینات با شدت ۶۰ درصد یک تکرار بیشینه تا واماندگی، سه ست با استراحت ۱ دقیقه به مدت ۴ هفته انجام گرفت (جدول ۱). برنامهٔ تمرینی گروه نورموکسی نیز مانند گروه هایپوکسی بود، با این تفاوت که فعالیت آنها در شرایط اکسیژن طبیعی مشابه سطح دریا انجام گرفت. قبل از شروع جلسهٔ تمرینی مرحلهٔ گرم کردن ۱۵ تکرار با ۵۰ درصد بیشینه ۱۰ تکرار انجام می‌گرفت.

عملکرد عضلانی: شامل اوج گشتاور مفصل آرنج، کل کار انجام‌گرفته توسط عضلات خم‌کنندهٔ آرنج، نسبت فعالیت عضلات موافق به مخالف و خستگی عضلانی است که به‌وسیلهٔ دستگاه ایزوکینتیک (BIODEX-4, USA) اندازه‌گیری شد. آزمون‌شوندگان پس از گرم کردن مناسب مفصل آرنج دست راست، ابتدا پروتکل ۵ سِت با نهایت قدرت را برای اوج گشتاور مفصل آرنج و کل کار انجام‌گرفته توسط عضلات خم‌کنندهٔ آرنج را انجام دادند و پس از اتمام این پروتکل ۱۰ دقیقه استراحت کرده و پروتکل بعدی را برای تعیین نسبت فعالیت عضلات خم‌کننده به بازکننده‌ها آرنج اجرا کردند. این پروتکل شامل ۵ سِت ۵ تکراری از حرکت خم کردن و باز کردن آرنج به‌صورت توانی بود. آزمودنی‌ها پس از هر ست فعالیت توانی ۱ دقیقه استراحت غیرفعال را انجام می‌دادند. با اتمام ۳ ست پروتکل توانی برای تعیین نسبت فعالیت عضلات موافق به مخالف آزمودنی‌ها مجدداً ۱۰ دقیقه استراحت کردند و پروتکل آخر را که شامل یک ست ۲۵ تکراری برای تعیین شاخص خستگی بود، انجام دادند.

سطح مقطع عضلهٔ دوسر بازویی: چربی زیرپوستی دوسر بازویی آزمودنی‌ها با استفاده از کالیپر (هارپندن، BATY انگلستان) و حجم عضلات دوسر بازویی به‌وسیلهٔ ارزیابی سطح مقطع عرضی عضلهٔ جلوبازو با استفاده از متر نواری و کولیس اندازه‌گیری شد و با قرار دادن اعداد حاصله در فرمول بروش بررسی شد (۲۱، ۲۰). در نهایت وزن و قد نیز با استفاده از ترازوی دیجیتالی ایستاده سکا مدل ۷۶۹ بررسی شد.

$$\boldsymbol{ARM"CSA} = \boldsymbol{\pi}(((\frac{\boldsymbol{CA}}{\boldsymbol{2\pi}}) - (\frac{\boldsymbol{TA}}{\boldsymbol{2}}))^{\boldsymbol{2}} \text{-5.5}$$

TAچین پوستی بازو =CA , محیط دور بازو

www.SID.ir

Archive of SID

برای تعیین شدت آزمون از روش یک تکرار بیشینه با فرمول برزیسکی در شرایط هایپوکسی و نورموکسی استفاده شد. ورزشکاران وزنهٔ پیش‌بین انتخاب و حرکت جلوبازو ایستاده هالتر را اجرا کردند، سپس مقدار وزنه و تعداد تکرار ثبت و بیشینه یک تکرار مشخص شد. سپس ۶۰ درصد یک تکرار بیشینه محاسبه و به‌عنوان مقدار وزنهٔ مدنظر برای هر شخص طی هر جلسه تعیین شد.

((۰/۰۲۷۸× تعداد تکرار تا خستگی) − ۱/۰۲۷۸) / وزنهٔ جابه‌جاشده = یک تکرار بیشینه

با توجه به ثابت بودن مقاومت و تعداد نوبت‌ها، حجم تمرین به‌وسیلهٔ فرمول زیر براساس تعداد تکرارها محاسبه شد (۲۲).

وزنه × تکرار × نوبت = حجم تمرین

تجزیه‌وتحلیل آماری

تمام محاسبات آماری توسط نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۱ انجام گرفت. توزیع طبیعی همهٔ داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو ویلک تأیید شد (P>۰/۰۵). از آزمون تی مستقل پس از کسر نمره‌های پس‌آزمون از پیش‌آزمون استفاده شد. توان آماری ۰/۸۵ در سطح P≤۰/۰۵ برای ۱۶ آزمودنی به‌وسیلهٔ نرم‌افزار Gpower محاسبه شد.

یافته‌های تحقیق

نتایج تحقیق تفاوت معنادار را تنها برای شاخص خستگی و قدرت بیشینه در شرایط هایپوکسی در مقایسه با نورموکسی نشان داد (P=۰/۰۴۸). درصد چربی دوسر بازویی، هایپرتروفی و سایر متغیرهای عملکرد عضلانی در بین دو گروه هایپوکسی و نورموکسی تفاوت چشمگیری را نشان ندادند (P>۰/۰۵) (جدول ۱).

حجم تمرین برای گروه هایپوکسی ۴۰۰۲ تکرار و گروه نورموکسی ۴۰۸۹ تکرار بود که نشان‌دهندهٔ حجم کمتر معنادار تمرینات گروه هایپوکسی است (P=۰/۰۰۱) (۸۷ تکرار).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. میانگین ± انحراف استاندارد متغیرهای تحقیق قبل و پس از ۴ هفته تمرین مقاومتی هایپوکسی و نورموکسی

گروه	هایپوکسی			نورموکسی			دو گروه
متغیر	پیش‌آزمون	پس آزمون	درصد تغییرات (٪)	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	درصد تغییرات (٪)	معناداری
اوج گشتاور در انقباض درون‌گرا (نیوتن/ متر)	۴۴/۲۰	۶۳/۶۱	۴۴	۴۵/۲۱	۵۸/۹۵	۳۰	۰/۲۸۵
اوج گشتاور در انقباض برون‌گرا (نیوتن/ متر)	۳۳/۱۸	۴۷/۰۵	۴۲	۳۷/۷۸	۴۳/۵۳	۱۵	۰/۲۱۶
کل کار انجام‌گرفته در انقباض درون‌گرا (ژول)	۲۹۰/۵۶	۳۷۷/۸۷	۳۰	۳۰۴/۶۰	۳۴۳/۶۶	۱۳	۰/۰۶۸
کل کار انجام‌گرفته در انقباض برون‌گرا (ژول)	۱۵۷/۳۰	۲۱۲/۳۳	۳۵	۱۸۰/۴۸	۲۰۳/۹۸	۱۳	۰/۴۰۵
نسبت آگونیست به آنتاگونیست	۱۴۸/۳۲	۱۴۷/۲۰	-۱	۱۴۲/۳۸	۱۳۱/۶۵	-۸	۰/۹۸
شاخص خستگی	۴۲/۶۳	۳۳/۱۳	-۲۲	۷۱/۲۰	۵۱/۷۰	-۲۷	۰/۰۴۸ *
حجم عضلانی (سانتی‌متر^{۲})	۴۰/۶۶	۴۸/۳۵	۱۹	۳۹/۱۷	۴۷/۰۵	۲۰	۰/۹۹
قدرت عضلانی (کیلوگرم)	۳۸/۷۸	۶۰/۲۵	۵۶	۴۰/۰۰	۴۳/۸۷	۱۰	۰/۰۶
درصد چربی دوسر بازویی	۱۴/۷۴	۱۳/۵۶	-۸	۱۵/۹۵	۱۵/۳۲	-۴	۰/۱۱

* تفاوت معنادار در سطح P≤۰/۰۵

بحث

یافته‌های تحقیق حاضر نشان می‌دهد که ۴ هفته تمرین مقاومتی جل بازو ایستادهٔ هالتر در شرایط هایپوکسی با بهبود شاخص خستگی و قدرت بیشینه همراه می‌شود، این در حالی است که شاخص‌های هایپرتروفی، گشتاور مفصل آرنج، کل کار انجام‌گرفته در عضلهٔ دوسر بازویی و نسبت قدرت عضلات موافق به عضلات مخالف آیزوکینتیک تغییر چشمگیری را نشان نمی‌دهد. به‌نظر می‌رسد نقش عواملی چون

www.SID.ir

Archive of SID

شدت، مدت تمرین، زمان ریکاوری، وضعیت تمرین و نیز گروه عضلات درگیر در شرایط هایپوکسی در این زمینه اهمیت دارد (۲۳).

نتایج تحقیق حاضر موافق با نتایج تحقیق فریدمن و همکاران (۲۰۰۳) است که نشان داد ۴ هفته تمرینات مقاومتی کم‌شدت با تکرار بالا در شرایط هایپوکسی به افزایش معناداری در قدرت و هایپرتروفی نسبت به گروه نورموکسی منجر نمی‌شود (۲۴). اگرچه در پیشینهٔ تحقیقات ۸ تا ۱۲ هفته تمرین مقاومتی منظم برای بروز سازگاری‌های تمرین مقاومتی نیاز است، با وجود این، نیشی مورا و همکاران (۲۰۱۰)، گزارش کردند که افزایش قدرت عضلانی به‌صورت معناداری پس از ۳ هفته تمرین مقاومتی در شرایط هایپوکسی رخ می‌دهد (۱۶). در تحقیق یان و همکاران (۲۰۱۶)، ۵ هفته تمرین مقاومتی هایپوکسی به ترشح بیشتر هورمون رشد و افزایش قدرت ایزومتریک منجر شد (۲۵). گازومیچی و همکاران (۲۰۱۵) و گواردادو و همکاران (۲۰۲۰)، نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند (۲۳، ۱۷). در تحقیق حاضر یک تکرار بیشینهٔ آزمودنی‌ها در حرکت دوسر بازو هالتر در شرایط هایپوکسی افزایش معناداری را نسبت به نورموکسی نشان داد. با وجود این تغییرات هایپرتروفی بین دو گروه معنادار نبود. بهبود قدرت در ابتدا از طریق سازگاری‌های عصبی حاصل می‌شود که مستقل از تغییرات حجم عضله است (۲۶)، این در حالی است که بهبود هایپرتروفی به زمان بیشتری نیاز دارد. به‌نظر می‌رسد ۴ هفته پروتکل تمرینی در تحقیق حاضر برای القای قدرت مناسب است، زیرا سیستم انرژی فسفاژن در این حالت تأمین‌کنندهٔ اصلی انرژی فعالیت است و می‌تواند طی این زمان بهبود یابد. با وجود این برای کسب سازگاری‌های هایپرتروفی سازگاری در ذخایر گلیکوژن و متابولیت‌ها عامل تعیین‌کننده‌ای است که به زمان بیشتری نیاز دارد (۲۷-۲۹).

یافتهٔ دیگر تحقیق حاضر بهبود شاخص خستگی با تمرین مقاومتی در شرایط هایپوکسی بود. خستگی عضلانی که بیانگر میزان استقامت عضلانی است، در این تحقیق تغییرات معناداری را نشان داد. دلیل این تغییرات ممکن است اقتصاد فعالیت و سوخت‌وسازی باشد که بر اثر سازگاری با تمرین در شرایط هایپوکسی ایجاد می‌شود (۳۰). شدت مورد استفاده در تحقیق حاضر ۶۰ درصد بیشینه یک تکرار تا واماندگی بود که در محدودهٔ تمرینات استقامت عضلانی قرار دارد و سبب افزایش استقامت و کاهش خستگی عضلانی می‌شود. در تحقیقات بسیاری شدت بالای تمرین مقاومتی بررسی شده که سازگاری‌های متفاوتی را نیز در پی داشته است (۳۱) . با وجود این، آزمودنی‌های تحقیق حاضر را افراد سالم غیرورزشکار تشکیل می‌دادند که توانایی اجرای بار سنگین در شرایط هایپوکسی را نداشتند. گواردادو و همکاران (۲۰۲۰)، نشان دادند که انجام تمرین مقاومتی در شرایط هایپوکسی با بهبود اجرای عضلهٔ دوسر بازو

www.SID.ir

Archive of SID

همراه می‌شود که همسو با نتیجهٔ تحقیق حاضر است (۲۳). به‌نظر می‌رسد سازگاری‌های انرژی و نیز بهبود ظرفیت تامپونی برای تداوم انقباض عضلانی در کسب نتیجهٔ تحقیق حاضر مؤثر است. با توجه به تداوم انقباض عضلهٔ دوسر بازو تا واماندگی در تحقیق حاضر بهبود ظرفیت تامپونی و سازگاری‌های سوخت‌وسازی در بهبود شاخص خستگی عضلهٔ دوسر بازو قابل تصور است، اگرچه این سازگاری‌ها در مطالعهٔ حاضر بررسی نشد (۳۲).

دیگر نتیجهٔ تحقیق حاضر، عدم تغییر معنادار عوامل عملکرد عضلانی مانند اوج گشتاور، کل کار انجام‌گرفته و نسبت فعالیت عضلات موافق به مخالف مفصل آرنج بود. اگرچه پیشینهٔ تحقیقاتی زیادی برای متغیرهای عملکرد عضلانی آیزوکینتیک یافت نشد، این تغییرات با درنظر گرفتن حجم تمرین در گروه تحقیق قابل بررسی است. در تحقیق حاضر گروه هایپوکسی حجم تمرینی کمتری را در مقایسه با گروه نورموکسی تجربه کرد. بنابراین، تغییرات مشابه عملکرد عضلانی در گروه هایپوکسی و نورموکسی همراه با حجم تمرینی کمتر تمرین مقاومتی در گروه هایپوکسی نشان‌دهندهٔ تأثیر بیشتر تمرین مقاومتی در شرایط هایپوکسی است.

با وجود نتایج تحقیق ارائه‌شده، تحقیق حاضر محدودیت‌هایی داشت که می‌تواند در تحقیقات آتی مورد توجه قرار گیرد. ارزیابی هایپرتروفی با روش‌های دقیق‌تر اولتراسونیک، ارزیابی ظرفیت تامپونی و عوامل رشدی و نیز ذخایر موضعی عضلانی موضوعی است که در تحقیقات آینده می‌تواند مورد توجه محققان باشد.

نتیجه‌گیری

به‌نظر می‌رسد سازگاری‌های مرتبط با تمرین مقاومتی در شرایط هایپوکسی به شدت، حجم و نوع پروتکل‌های استفاده شده و نیز آزمودنی‌های تحقیق بستگی دارد. نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد در آزمودنی‌های غیرورزشکار سازگاری‌های تمرین مقاومتی حداقل در کوتاه‌مدت بیشتر قدرت عضلانی و شاخص خستگی را متأثر می‌کند. این در حالی است که با درنظر گرفتن حجم تمرین، تمرین مقاومتی در شرایط هایپوکسی مؤثرتر از تمرین مقاومتی در شرایط نورموکسی برای بهبود عملکرد عضلانی، قدرت و هایپرتروفی عضلانی است.

منابع و مآخذ

www.SID.ir

Archive of SID

1. Ho J-Y, Kuo T-Y, Liu K-L, Dong X-Y, Tung K. Combining normobaric hypoxia with short-term resistance training has no additive beneficial effect on muscular performance and body composition. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2014;28(4):935-41.

2. Fleck SJ, Kraemer WJ. Designing resistance training programs. human kinetics. Champaign, IL. 2004.

3. 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.

4. McCall GE, Byrnes WC, Fleck SJ, Dickinson A, Kraemer WJ. Acute and chronic hormonal responses to resistance training designed to promote muscle hypertrophy. Canadian Journal of applied physiology. 1999;24(1):96-107.

5. Vo MAP. Maximal and submaximal exercise performance at altitude. 1998.

6. Gore CJ, Hahn AG, Aughey R, Martin DT, Ashenden M, Clark SA, et al. Live high: train low increases muscle buffer capacity and submaximal cycling efficiency. Acta physiologica scandinavica. 2001;173(3):275-86.

7. Katayama K, Sato K, Matsuo H, Ishida K, Iwasaki K-i, Miyamura M. Effect of intermittent hypoxia on oxygen uptake during submaximal exercise in endurance athletes. European journal of applied physiology. 2004;92(1-2):75-83.

8. Ramos-Campo DJ, Rubio-Arias JA, Dufour S, Chung L, Ávila-Gandía V, Alcaraz PE. Biochemical responses and physical performance during high-intensity resistance circuit training in hypoxia and normoxia. European journal of applied physiology. 2017;117(4):809-18.

9. 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.

10. Kraemer WJ, Häkkinen K, Newton RU, Nindl BC, Volek JS, McCormick M, et al. Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. Journal of applied physiology. 1999;87(3):982-92.

11. Benso A, Broglio F, Aimaretti G, Lucatello B, Lanfranco F, Ghigo E, et al. Endocrine and metabolic responses to extreme altitude and physical exercise in climbers. European Journal of Endocrinology. 2007;157(6):733-40.

12. Goto K, Ishii N, Kizuka T, Takamatsu K. The impact of metabolic stress on hormonal responses and muscular adaptations. Medicine and science in sports and exercise. 2005;37(6):955-63.

13. Takarada Y, Takazawa H, Sato Y, Takebayashi S, Tanaka Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. Journal of applied physiology. 2000;88(6):2097-106.

14. Stewart C, Pell JM. Point: IGF is the major physiological regulator of muscle mass. Journal of Applied Physiology. 2010;108(6):1820-1.

15. 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.

www.SID.ir

Archive of SID

16. Nishimura A, Sugita M, Kato K, Fukuda A, Sudo A, Uchida A. Hypoxia increases muscle hypertrophy induced by resistance training. International journal of sports physiology and performance. 2010;5(4):497-508.

17. Kurobe K, Huang Z, Nishiwaki M, Yamamoto M, Kanehisa H, Ogita F. Effects of resistance training under hypoxic conditions on muscle hypertrophy and strength. Clinical physiology and functional imaging. 2015;35(3):197-202.

18. Manimmanakorn A, Hamlin MJ, Ross JJ, Taylor R, Manimmanakorn N. Effects of low-load resistance training combined with blood flow restriction or hypoxia on muscle function and performance in netball athletes. Journal of Science and Medicine in Sport. 2013;16(4):337-42.

19. Gibson AL, Wagner D, Heyward V. Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription, 8E: Human kinetics; 2018.

20. Heymsfield SB, McManus C, Smith J, Stevens V, Nixon DW. Anthropometric measurement of muscle mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle area. The American journal of clinical nutrition. 1982;36(4):680-90.

21. Buresh R, Berg K, French J. The effect of resistive exercise rest interval on hormonal response, strength, and hypertrophy with training. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2009;23(1):62-71.

22. Baechle TR, Earle RW. Essentials of strength training and conditioning: Human kinetics; 2008.

23. Guardado I, Ureña B, Cardenosa A, Cardenosa M, Camacho G, Andrada R. Effects of strength training under hypoxic conditions on muscle performance, body composition and haematological variables. Biology of Sport. 2020;37(1):121-9.

24. Friedmann B, Kinscherf R, Borisch S, Richter G, Bärtsch P, Billeter R. Effects of low-resistance/high-repetition strength training in hypoxia on muscle structure and gene expression. Pflügers Archiv. 2003;446(6):742-51.

25. Yan B, Lai X, Yi L, Wang Y, Hu Y. Effects of five-week resistance training in hypoxia on hormones and muscle strength. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2016;30(1):184-93.

26. Siddique U, Rahman S, Frazer AK, Howatson G, Kidgell DJ. Determining the sites of neural adaptations to resistance training: a systematic review and meta-analysis. Sports Medicine. 2019:1-25.

27. Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. Medicine and science in sports and exercise. 2004;36(4):674-88.

28. Newton R. Developing maximal neu romuscular power: part 2—training considerations for improving maximal power production. Sports Med. 2011;41(2):125-46.

29. Martínez-Guardado I, Camacho-Cardenosa M, Camacho-Cardenosa A, Olcina G, Timón R. Effect of strength training in hypoxia on body composition and muscle performance. Motricidade. 2017;13(1):135.

www.SID.ir

Archive of SID

30. Brooks G, Butterfield G, Wolfe R, Groves B, Mazzeo R, Sutton J, et al. Increased dependence on blood glucose after acclimatization to 4,300 m. Journal of applied physiology. 1991;70(2):919-27.

31. Lasevicius T, Ugrinowitsch C, Schoenfeld BJ, Roschel H, Tavares LD, De Souza EO, et al. Effects of different intensities of resistance training with equated volume load on muscle strength and hypertrophy. European journal of sport science. 2018;18(6):772-80.

32. Edge J, Hill-Haas S, Goodman C, Bishop D. Effects of resistance training on H+ regulation, buffer capacity, and repeated sprints. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2006;38(11):2004-11.

www.SID.ir

Archive of SID

The Effect of 4 Weeks of Resistance Training in Hypoxic Conditions on Hypertrophy and Function of Biceps Muscle in Healthy Men

Ali Moghadasi[1]- Mohammad Fashi*[2]- Sajjad Ahmadizad[3]
1.MSc of Physical Education and Sport Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran 2. Assistant Professor, Department of Biological Sciences in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran 3. Professor, Department of Biological Sciences in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
(Received: 2020/05/19; Accepted: 2020/09/08)

Abstract
Increased secretion of growth and metabolic factors by hypoxic exercise has been shown, while muscle function has not been considered as an effective factor in exercise performance. This study aimed to investigate the effect of 4 weeks of resistance training in hypoxic conditions on hypertrophy and function of biceps muscle in healthy men. 16 healthy young men were randomly assigned to two groups: hypoxic resistance training (PaO2=13%, n=8) and normoxic resistance training (PaO2=20%, n=8). The training program for both groups lasted 4 weeks including 3 sessions (60% of 1RM until exhaustion, 3 sets and 1 minute of rest) of standing curls biceps with 48 hours of recovery after the training per week. Strength was assessed by 1RM, hypertrophy by Buresh formula and muscle functions by the isokinetic system before and after 4 weeks of training. A comparison of the two groups showed statistically significant differences in strength and the fatigue index ($P\leq0.05$). Other factors including biceps fat percentage, hypertrophy, elbow peak torque in concentric and eccentric contractions, total work of biceps in concentric and eccentric contractions and the ratio of agonist/antagonist muscle activity did not show significant differences ($P\geq0.05$). It seems that 4 weeks of hypoxia resistance training is associated with a significant improvement in strength and fatigue index. However, hypertrophy and muscle function indices showed similar changes considering less training volume in hypoxia conditions.

Keywords
Hypertrophy, hypoxic conditions, muscle function, resistance training.

* .Corresponding Author : Email: M_fashi@sbu.ac.ir Tel: +9822431962

www.SID.ir