دانشگاه شهید بهشتی

فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی

پاییز و زمستان ۱۳۹۹، دوره ۱۳، شماره ۲، صفحه‌های: ۱۱-۳

تأثیر شش هفته تمرین هوازی بر سطوح استراحتی VEGF، ترکیب بدنی و VO_2max در شرایط هایپوکسی نورموباریک (ارتفاع ۳۰۰۰ متر) در زنان دارای اضافه وزن/ چاق

عاتکه سادات سعیدیان[۱]، رستم علی‌زاده[۲*]، لیدا مرادی[۱]

۱ گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران.

۲ گروه علوم ورزشی، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

*نویسنده مسئول: رستم علی‌زاده، تلفن: ۰۹۱۲۶۹۶۱۵۸۷، رایانامه: r.alizadeh@ilam.ac.ir

دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۱/۲۹ ویرایش مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۲۴ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۵/۰۲

چکیده

هدف: با توجه به رشد فزاینده چاقی و اضافه وزن در سال‌های اخیر، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تمرین هوازی در شرایط هایپوکسی نورموباریک و نورموکسی بر سطوح استراحتی VEGF و VO2max زنان دارای اضافه وزن / چاق انجام گرفت. **روش‌ها:** بدین‌منظور ۲۴ زن دارای اضافه وزن (میانگین و انحراف استاندارد سن، قد و وزن به‌ترتیب ۳/۷ ±۲۵/۲۸ سال، ۳/۸±۱۶۱/۱۸ سانتی‌متر و ۷/۶۴±۷۸/۶۴ کیلوگرم) در گروه تمرین هایپوکسی نورموباریک به مدت ۶ هفته و هر هفته ۳ جلسه تمرین هوازی در چادر هایپوکسی را انجام دادند و گروه نورموکسی در زمانی معادل با زمان تمرین گروه هایپوکسی نورموباریک تمرین هوازی در شرایط نورموباریک داشتند. برنامه تمرین شامل ۵ دقیقه گرم کردن، ۲۰ دقیقه فعالیت با ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه در هفته اول بود و سپس هر هفته ۵ دقیقه به مدت زمان فعالیت افزوده شد. **نتایج:** تغییرات وزن (p=۰/۱۶۵) و BMI (p=۰/۱۹۱) گروه هایپوکسی نورموباریک در مقایسه با نورموکسی معنادار نبود. ولی تغییرات درصد چربی (p=۰/۰۲۲) و دور کمر (p=۰/۰۳۱) هنگام مقایسه دو گروه معنادار بود. تغییرات اکسیژن مصرفی بیشینه (p=۰/۰۰۸) و VEGF (P<۰/۰۰۱) تفاوت معناداری نشان داد. **نتیجه‌گیری:** افزایش بیشتر و معنادار سطوح استراحتی VEGF در شرایط هایپوکسی نورموباریک نشان‌دهنده اهمیت فعالیت بدنی در کاهش خطر بیماری‌های قلبی- عروقی و عملکرد اندوتلیال عروق در افراد دارای اضافه وزن است.

واژه‌های کلیدی: آنژیوژنز، اضافه وزن، تمرین هوازی، هایپوکسی نورموباریک.

مقدمه

فعالیت ورزشی و هایپوکسی، سبب بیان عامل القایی ناشی از هایپوکسی آلفا-۱ (HIF_1α) می‌شوند و مقدار آن را افزایش می‌دهند، که این عامل انتقال و سوخت‌وساز گلوکز در سلول‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. شرایط تغییر انرژی بافت‌های محیطی در اثر عوامل مختلف متابولیسمی و فعالیت بدنی، به تغییر در پیام‌های محیطی، یعنی هورمون‌های مترشحه از بافت‌های محیطی منجر می‌شود (۱). بنابراین، تمرینات ورزشی به‌واسطه تأثیر بر غدد درون‌ریز از جمله بافت چربی و عضله اسکلتی، نقش مهمی در تنظیم سوخت‌وساز انرژی و ترکیب بدنی ایفا می‌کنند (۲). به‌دلیل تنوع زیاد فعالیت‌های ورزشی، به‌نظر می‌رسد برنامه‌های تمرینی مختلف تأثیرات متفاوتی بر کاهش وزن بدن و تغییرات بافتی مانند میزان VEGF داشته باشند (۳). پژوهشگران همواره در پی شناسایی کارامدترین شیوهٔ تمرینی‌اند تا در کمترین زمان ممکن و با کمترین هزینهٔ زمانی، بهترین نتیجه را به‌دست آورند. از جمله این روش‌ها، استفاده بهینه از شرایط محیطی است، ارتفاع از قوی‌ترین محرک‌ها برای شروع فرایند آنژیوژنز (بیش‌تنظیمی VEGF) است (۳).

در بررسی اثر تمرینات ورزشی در ارتفاع بالا آسانو[1] و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که VEGF سرم در پاسخ به تمرینات هوازی در ارتفاع افزایش می‌یابد و این موضوع در واقع می‌تواند پاسخ سازگاری به ارتفاع باشد (۴). پدلار[2] و همکاران (۲۰۰۸) در ۱۲ مرد دونده استقامتی نشان دادند که ۴۵ دقیقه تمرین در شرایط هایپوکسی طی ۸ روز متوالی نمی‌تواند عملکرد آنها را تغییر دهد (۵). نورشاهی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند غلظت VEGF سرم در شرایط هایپوکسی نورموباریک در مقایسه با گروه کنترل در افراد غیرورزشکار بعد از هشت هفته تمرین زیربیشینه در شرایط هایپوکسی نورموباریک و شرایط طبیعی افزایش معنادار داشته و شاخص خستگی گروه‌ها تغییری نداشت (۶). شرایط هایپوکسی و ارتفاع بالا با چاقی رابطه معکوسی دارد و گزارش شده است که افراد سازگاریافته با ارتفاع دچار کاهش اشتها و وزن در شرایط هایپوکسی می‌شوند (۷). شیرپا[3] و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی شیوع چاقی در ساکنان تبت (ارتفاعات مختلف اورست) به این نتیجه رسیدند که با افزایش ارتفاع، شاخص‌هایی همچون BMI و WHR کاهش می‌یابد و سازوکار احتمالی این کاهش را ناشناخته اعلام کردند و مواردی مانند کاهش دریافت غذا یا افزایش فعالیت بدنی را برای توضیح این نتایج کافی ندانستند و احتمال دادند شرایط بدنی مانند دمای پایین و سطوح پایین اکسیژن، تأثیرات کاتابولیک مستقیمی داشته باشند (۷).

پرسش این است که چه نوع فعالیت بدنی و در چه شرایط محیطی بازدهی بیشتری دارد؟ با توجه به رابطه شرایط هایپوکسی با افزایش سطوح VEGF و نیز تسهیل تعاملات بافت چربی و سلول‌های اندوتلیال (۸)، آیا تمرین استقامتی در شرایط هایپوکسی برای افراد چاق مفید است؟ همچنین کاهش وزنی که در ارتفاع بالا به‌دلیل کاهش غذای دریافتی مشاهده می‌شود، به‌نظر می‌رسد هم از طریق فعالیت بدنی و هم تنظیمات هورمونی در ارتفاع زیاد تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۹). ازاین‌رو فعالیت بدنی در محیطی که بتواند بیشترین افزایش در تولید VEGF را موجب شود، به‌نظر می‌رسد از این لحاظ، به‌ویژه در افراد چاق سودمندتر باشد. در همین زمینه در بررسی رابطه فعالیت بدنی شدید و چاقی در ارتفاع بالا و پایین در عربستان نشان داده شد که فعالیت بدنی شدید در ارتفاع می‌تواند راهبرد تشویقی خوبی برای هدایت برنامه‌های کاهش وزن و نیز پیشگیری از آن باشد (۱۰).

اگرچه فعالیت‌های ورزشی توانایی تنظیم عوامل رگ‌زایی را دارند، هنوز سازوکار مولکولی شروع فرایند توسعه شبکه مویرگی در پاسخ به تمرینات ورزشی به‌خوبی شناخته نشده است (۱۱). از طرفی، تأثیر ورزش روی VEGF نتایج متناقضی دارد. بریکسیوس[4] و همکاران نشان دادند که مقدار VEGF در مردان چاق ۵۰ تا ۶۰ ساله در پی شش ماه تمرینات منظم هوازی تغییر نکرد (۱۲)، درحالی‌که در مطالعه دیزانزو[5] و همکاران نشان داده شد که تمرین ورزشی بیان ژن VEGF-A را در بافت چربی افزایش داد و عامل مهم رگ‌زایی این بافت است (۱۳) همچنین، پارک[6] و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی روی زنان چاق پس از ۱۲ هفته برنامه تمرینی ترکیبی ورزش هوازی و یوگا دریافتند که درصد توده چربی بدن کاهش یافت؛ علاوه‌بر این اکسیژن مصرفی و VEGF به‌طور معناداری افزایش یافت (۱۴). به‌طور کلی، با توجه به رابطه ارتفاع بالا با کاهش توده چربی بدن و پاسخ‌های متفاوت بدنی هنگام قرارگیری در ارتفاع و نیز نبود مطالعه کافی و کنترل‌شده در زمینه برنامه‌های کاهش وزن در شرایط ارتفاع بالا، تحقیق حاضر به‌منظور بررسی تأثیر ۶ هفته تمرین هوازی در شرایط هایپوکسی

نورموباریک بر سطوح استراحتی VEGF و VO۲max زنان دارای اضافه وزن طراحی شد.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش

روش تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی و کاربردی است که در گروه تخصصی فیزیولوژی ورزشی تصویب شده است. در این تحقیق دو گروه آزمودنی شرکت داشتند و دو گروه هایپوکسی نورموباریک و نورموکسی به مدت ۶ هفته شرکت کردند. آزمودنی‌های این تحقیق شامل ۲۴ خانم دارای اضافه وزن/ چاق ۲۳ تا ۳۱ ساله، قد ۱۵۳ تا ۱۷۳ سانتی‌متر و وزن ۷۱ تا ۱۰۳ کیلوگرم بودند، که از طریق اطلاعیه و داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند. این تحقیق در بهار ۱۳۹۶ انجام گرفت. پیش از شرکت آزمودنی‌ها در تحقیق مراحل مختلف کار برای آن‌ها به‌طور کامل شرح داده شد و پس از موافقت افراد فرم اطلاعات فردی و پزشکی و فرم رضایت‌نامه شرکت در اجرای تحقیق به آنها داده شد. همه به‌دقت آن‌ها را مطالعه کرده و پس از پاسخگویی به پرسش‌ها امضا کردند. آزمودنی‌ها سابقه بیماری قلبی-عروقی و دیابت نداشتند، هیچ‌کدام سیگاری نبودند و نیز در حین تحقیق هیچ‌گونه دارو یا مکملی مصرف نمی‌کردند. از تمامی آزمودنی‌ها درخواست شد که ۴۸ ساعت قبل از نمونه‌گیری هیچ‌گونه فعالیت ورزشی نداشته باشند؛ از خوردن کافئین و قهوه خودداری کنند و آخرین وعده غذایی را در شب قبل از جلسه تمرین و کنترل در ساعت ۸ مصرف کرده و صبح در حالت ناشتا به آزمایشگاه مراجعه کنند. در روزهای پیش‌آزمون و پس‌آزمون (قبل و بعد از تمرینات) از آزمودنی‌ها خواسته شد که در ساعت ۸ صبح و در حالت ناشتا به آزمایشگاه مراجعه کنند (ملاحظات لازم در خصوص دوره ماهیانه انجام گرفت). سپس ۲۰ دقیقه از آزمودنی‌ها خواسته شد در حالت نشسته به آن‌ها استراحت نماید، پس از آن ضربان قلب و فشار خون آنان ثبت و نمونه خونی اول گرفته شد. پس از اندازه‌گیری اولیه گروه هایپوکسی نورموباریک در شرایط ارتفاع ۳۰۰۰ متر به مدت ۶ هفته (۳ جلسه در هفته در مجموع ۱۸ جلسه) تمرین هوازی با شدت ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه داشتند. گروه نورموکسی نیز تمرینات خود را مشابه گروه هایپوکسی نورموباریک و با همان شدت و مدت و در شرایط نورموکسی انجام دادند.

پروتکل پژوهش

آزمودنی‌های در ۶ هفته متوالی به آزمایشگاه دعوت شدند. اندازه‌گیری‌های اولیه شامل آشنایی با محیط آزمایشگاه و اندازه‌گیری قد، وزن، توده بدنی، درصد چربی و تعیین اکسیژن مصرفی بیشینه بود. برای اندازه‌گیری درصد چربی بدن از روش چین پوستی سه‌نقطه‌ای جاکسون و پولاک[۷] استفاده شد.

در جلسات بعد گروه تمرین هایپوکسی نورموباریک به مدت ۶ هفته و هر هفته ۳ جلسه تمرین هوازی را با ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه روی چرخ کارسنج (مونارک E۸۳۹) در چادر هایپوکسی[۸] (ساخت استرالیا) انجام دادند و گروه نورموکسی (شاهد) در زمانی معادل با زمان تمرین گروه هایپوکسی تمرین هوازی داشتند. برنامه تمرین شامل ۵ دقیقه گرم کردن، ۲۰ دقیقه فعالیت با ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه در هفته اول بود و سپس هر هفته ۵ دقیقه به مدت زمان فعالیت افزوده شد. نمونه‌گیری خون به‌صورت ۱۲ساعت ناشتا صبح روز قبل از شروع دوره تمرینی فرایند تحقیق از هر گروه گرفته شد، همچنین مرحله دوم خون‌گیری ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه دوره تمرینی گرفته شد.

روش‌های آزمایشگاهی

پس از اندازه‌گیری قد آزمودنی‌ها با قدسنج، وزن بدن آن‌ها با استفاده از باسکول دیجیتالی و محاسبه BMI، ضخامت چربی ۳ ناحیه (سه‌سر بازویی، فوق‌خاصره‌ای و وسط ران) با استفاده از کالیپر در همه آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. برای هر ناحیه دو بار اندازه‌گیری به‌عمل آمد و میانگین دو بار برای محاسبه استفاده شد، سپس با استفاده از معادله سه‌چین جکسون و پولاک چگالی بدن برای زنان (۱۵)، درصد چربی هم با استفاده از معادله سیری[۹] محاسبه شد (۱۶).

چگالی بدن برای زنان = ۱/۰۹۹۴۹۲۱ - ۰/۰۰۰۰۹۹۲۹ (Σ3m)

(سن) ۰/۰۰۰۱۳۹۲ - (Σ3m)^{۲} ۰/۰۰۰۰۰۰۲۳ +

درصد چربی = [(۴/۹۵ / چگالی بدن) - ۴/۵] × ۱۰۰

Σ3m* = مجموع ضخامت چربی سه ناحیه به میلی‌متر

اکسیژن مصرفی بیشینه در این تحقیق با استفاده از آزمون پیش‌رونده روی چرخ کارسنج تا حد خستگی ارادی تعیین شد. ابتدا آزمودنی‌ها روی چرخ کارسنج به مدت ۵ دقیقه با توان ۲۵ وات شروع به گرم کردن کردند، سپس آزمون را با ۶۰ دور در دقیقه و بدون بار به مدت ۲ دقیقه آغاز کردند.

پس از آن بار کار چرخ کارسنج هر ۲ دقیقه یک‌بار ۲۹ وات (۰/۵ کیلوگرم) تا زمان رسیدن به ۱۱۸ وات افزایش یافت و از این نقطه به بعد توان ۱۵ وات (۰/۲۵ کیلوگرم) تا زمان رسیدن به خستگی ارادی هر ۲ دقیقه افزایش یافت (۱۷). تجزیه گازهای تنفسی با استفاده از دستگاه گازآنالیزر انجام گرفت. در مدت آزمون، ضربان قلب به‌طور پیوسته با استفاده از ضربان‌سنج دیجیتالی تعیین شد. از آزمودنی‌ها خواسته شد که میزان درک از تلاش خود را هر ۲ دقیقه براساس معیار ۶-۲۰ نمره‌ای بورگ بیان کنند. اکسیژن مصرفی بیشینه با استفاده از معیارهای فیزیولوژیکی انجمن بریتانیایی علوم ورزش و فعالیت بدنی تأیید شد که شامل نسبت تبادل تنفسی بالاتر از ۱/۱۵، رسیدن به فلات اکسیژن مصرفی با وجود افزایش مقدار بار، ضربان قلب در سطح حداکثر میزان پیش‌بینی‌شده براساس فرمول (HRmax=220 - age) و شاخص درک از تلاش بورگ ۲۰ بود.

در هر بار خون‌گیری مقدار ۵ میلی‌لیتر خون از ورید بازویی گرفته شد. نمونه‌های خونی در لوله‌های آزمایش ریخته شد تا لخته شوند. سپس به‌منظور جدا کردن سرم خون، نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۳۰۰۰ دور دقیقه سانتریفیوژ شدند. سرم جداشده در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و برای اندازه‌گیری VEGF استفاده شد. سطح VEGF سرم با استفاده از روش الایزای ساندویچی و کیت VEGF انسانی (VEGF، شرکت کازابایو بایوتک، واهوان، چین) با ضریب تغییرات ۸/۹، و دقت ۲۰ پیکوگرم بر میلی‌لیتر با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر سلکترای ۲، اندازه‌گیری شد.

تحلیل آماری

تمامی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS-۱۶ تجزیه‌وتحلیل شد. ابتدا وضعیت طبیعی تمام داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف مشخص شد. پس از تأیید وضعیت طبیعی توزیع، داده‌های قبل و بعد تمرین دو گروه از طریق تحلیل واریانس مکرر با عامل بین‌گروهی مقایسه شد. سطح معناداری برای تمام تحلیل‌های آماری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

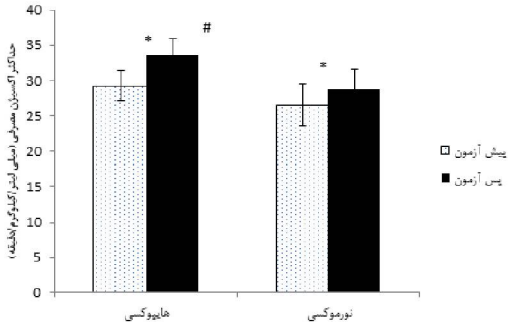
نتایج مقایسه تغییرات قبل و بعد از تمرین شاخص‌های ترکیب بدنی در دو گروه نشان داد که تفاوت دامنه تغییرات وزن ($F_{1/21}$=۲/۱۱، P=۰/۱۶۰) و BMI ($F_{1/22}$=۱/۸۵، P=۰/۱۸۷) گروه هایپوکسی در مقایسه با نورموکسی معنادار نبود. اما تفاوت دامنه تغییرات فاکتور درصد چربی (P=۰/۰۲۲، F1/21=۶/۰۳) و دور کمر (P=۰/۰۲۷، $F_{1/22}$=۵/۶۴) هنگام مقایسه دو گروه معنادار بود (جدول ۱).

جدول ۱. میانگین±انحراف معیار داده‌های وزن، BMI، درصد چربی و دور کمر قبل و بعد از تمرین در گروه هایپوکسی نورموباریک و نورموکسی

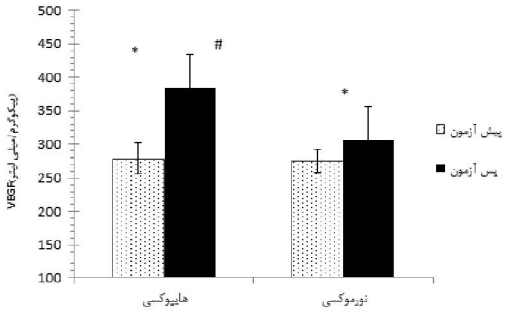
	گروه هایپوکسی نورموباریک		گروه نورموکسی	
	قبل	بعد	قبل	بعد
وزن (kg)	۸۰/۱±۲/۶۷	*۷۵/۶±۲/۴۸	۸۰/۳±۲/۱	*۷۶/۷±۲/۱
شاخص تودهٔ بدن (kg/m۲)	۳۰/۵±۰/۵۶	*۲۸/۸±۰/۵۲	۳۱±۰/۴۲	۲۹/۶±۰/۴۴
درصد چربی (٪)	۳۰/۱±۰/۶	*۲۷/۴±۰/۴۵	۲۹/۵±۰/۵۴	*۲۷/۹±۰/۴۸
دور کمر (سانتی‌متر)	۹۵/۶±۱/۳۲	*۹۳/۳±۱/۳۱	۹۴/۴±۰/۸۷	*۹۳/۲±۰/۹۰
*بیانگر تفاوت معنادار درون‌گروهی قبل و بعد از تمرین و ؟ بیانگر تفاوت معنادار تغییرات دو گروه در قبل و بعد از تمرین				

تحلیل واریانس مکرر با عامل بین‌گروهی نشان داد که داده‌های VO_2max قبل و بعد از تمرین صرف‌نظر از نوع گروه افزایش معناداری داشته‌اند (p<۰/۰۰۱). تحلیل آماری داده‌ها تفاوت معناداری را بین دامنه تغییرات VO_2max دو گروه (نمودار ۱) در پاسخ به تمرین نشان داد که بیانگر تأثیر متفاوت تمرین در شرایط هایپوکسی نورموباریک در مقایسه با شرایط نورموکسی بر مقادیر VO_2max در زنان دارای اضافه وزن است (p =۰/۰۰۸، $F_{1/22}$=۸/۶۲).

تحلیل واریانس مکرر با عامل بین‌گروهی نشان داد که داده‌های VEGF قبل و بعد از تمرین صرف‌نظر از نوع گروه افزایش معناداری داشته‌اند (p<۰/۰۰۱). آنالیز آماری داده‌ها (نمودار ۲) تفاوت معناداری را بین تغییرات سطوح استراحتی VEGF دو گروه در پاسخ به تمرین نشان داد که بیانگر تأثیر متفاوت تمرین در شرایط هایپوکسی نورموباریک در مقایسه با شرایط نورموکسی بر مقادیر استراحتی VEGF در زنان دارای اضافه وزن است (p<۰/۰۰۱، F1/22=55/15).



نمودار ۱. مقادیر (میانگین ± انحراف معیار) VO_2max قبل و بعد از دورهٔ تمرین در دو گروه هایپوکسی و نورکوکسی. * بیانگر تفاوت معنادار بین تغییرات VO_2max دو گروه قبل و بعد از شش هفته تمرین. # بیانگر اختلاف بین تغیرات دو گروه.



نمودار ۲. داده‌های (میانگین ± انحراف معیار) استراحتی VEGF قبل و بعد از دوره تمرین در دو گروه هایپوکسی و نورموکسی.
*** بیانگر تفاوت معنادار بین تغییرات VEGF دو گروه قبل و بعد از شش هفته تمرین. # بیانگر اختلاف بین تغییرات دو گروه.**

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر افزایش معنادار VEGF و VO_2max را در گروه تمرین هایپوکسی نورموباریک به نسبت تمرین در شرایط نورموکسی نشان داد، به‌نحوی که به‌ترتیب افزایش معنادار ۱۱ و ۸ درصدی مشاهده شد. مطالعه‌ای در شرایط هایپوکسی نورموباریک بر آزمودنی‌های چاق مشاهده نشد که با آن‌ها مقایسه شود، همراستا با نتایج تحقیق حاضر در آزمودنی‌های چاق گزارش شده است که ۱۲ هفته برنامه تمرینی ترکیبی مقدار VEGF را در زنان چاق مسن افزایش می‌دهد و ورزش از طریق افزایش سرعت جریان خون می‌تواند سوخت‌وساز چربی و تنظیم VEGF را بهبود بخشد (۱۴). در مقابل گزارش شده که مقدار VEGF سرم در مردان چاق ۵۰ تا ۶۰ ساله در پی شش ماه تمرینات منظم هوازی تغییر نمی‌کند (۱۲). همان‌طورکه مشاهده می‌شود، نوع آزمودنی‌ها و مدت زمان فعالیت با هم متفاوت است و احتمالاً این موارد در همراستا نبودن نتایج مؤثر است. به‌نظر می‌رسد تعامل و تجمیع چندین محرک تمرینی و محیطی مانند تنش برشی جریان خون با دیواره عروق، انقباض و کشش عضلانی در تولید و آزاد شدن VEGF دخالت دارند (۱۸).

در افراد چاق و دارای اضافه وزن برای توسعه بافت چربی باید شبکه مویرگی از طریق افزایش در تعداد و افزایش قطر مویرگ توسعه یابد تا مواد تغذیه‌ای و اکسیژن را به اندازه کافی برای بافت چربی مهیا سازد، اما این موضوع در مورد مویرگی شدن بافت متفاوت است. در همین زمینه، گاوین[11] و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که افراد چاق میزان چگالی مویرگی پایین‌تری نسبت به افراد لاغر دارند، با اینکه بین مقدار mRNA و پروتئین VEGF استراحتی آن‌ها در عضله اسکلتی تفاوت معناداری وجود ندارد (۱۹). از طرفی، گزارش شده است افراد دارای اضافه وزن و چاق سطوح استراحتی VEGF بالاتری نسبت به افراد لاغر دارند (۲۱،۲۰). تمرین در شرایط هایپوکسی به‌دلیل تحریک بیشتر بایوژنز میتوکندریایی، افزایش آنژیوژنز مویرگی و نیز کاهش اشتها برای افرادی که به‌دنبال کاهش وزن هستند، توصیه می‌شود (۲۲). براساس پیشینه تحقیق یکی از سازوکارهای افزایش VEGF در شرایط هایپوکسی، ممکن است تجمع آدنوزین در عضله اسکلتی باشد، به‌طوری‌که آدنوزین نیز از طریق فعال‌سازی گیرنده‌های اختصاصی خود موجب بالا رفتن AMP حلقوی و در انتهای واکنش‌های آبشاری موجب افزایش mRNA پروتئین VEGF می‌شود. از دیگر سازوکارهای افزایش بیان و سطح سرمی، تحریک HIF است، با کاهش غلظت اکسیژن HIF و به‌خصوص نوع HIF-1 افزایش می‌یابد و در ادامه با فعال‌سازی PI3K /Akt یا MEK /ERK موجب افزایش بیان ژنی VEGF می‌شود (۱۸، ۲۳).

براساس نتایج تحقیقات تمرین در شرایط هایپوکسی متوسط (زندگی در ارتفاع پایین-تمرین در ارتفاع بالا) می‌تواند عملکرد هوازی را در ورزشکاران بهبود بخشد (۲۴). مصرف سوبسترا و اکسیژن مصرفی بیشینه ارتباط تنگاتنگی با ظرفیت اکسایشی میتوکندریایی عضلات دارد (۲۵). تمرین در شرایط هایپوکسی ممکن است عملکردهای معیوب میتوکندریایی یا اکسایشی را در افراد چاق و دارای اضافه وزن اصلاح کند (۲۶). در مطالعه حاضر آزمودنی‌ها با ضربان قلب یکسان در شرایط هایپوکسی نورموباریک

فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی

و نورموکسی تمرین کردند، ازاین‌رو تحریک تمرینی در دو شرایط با هم قابل مقایسه است. با یکسان گرفتن ضربان قلب در دو گروه تمرین بار کار در شرایط هایپوکسی کمتر بود، ولی با وجود کمتر بودن بار کار تمرین هایپوکسی نشان داد که محرک قوی‌تری به نسبت شرایط نورموکسی است و نشانگرهای متابولیکی و آنتروپومتریکی را بیشتر دستخوش تغییر می‌کند. البته اگر محققان می‌توانستند کالری مصرفی، رژیم غذایی و دیگر شاخص‌های فشار مکانیکی یا متابولیکی را اندازه‌گیری کنند، با اطمینان بیشتر می‌توانستیم در این خصوص بحث کنیم، به همین دلیل پیشنهاد می‌شود در کارهای آتی محدودیت‌های این تحقیق مدنظر قرار گیرد.

در هر دو گروه تمرینی هایپوکسی نورموباریک و نورموکسی کاهش BMI (به‌ترتیب ۵/۶ و ۴/۶ درصدی) و درصد چربی (۸/۹ و ۵/۶ درصدی) مشاهده شد که در گروه هایپوکسی نورموباریک این میزان کاهش به‌نسبت بیشتر بود و حتی کاهش درصد چربی اختلاف معناداری در دو گروه داشت. ویسنر[۱۲] و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی تمرین در شرایط هایپوکسی نورموباریک بر آمادگی جسمانی و نشانگرهای خطرزای متابولیکی در افراد چاق و دارای اضافه وزن نشان دادند که ۴ هفته تمرین (دویدن روی تردمیل، ۳ روز در هفته، ۶۰ دقیقه، شدت ۶۵ درصد اکسیژن مصرفی بیشینه) در ارتفاع شبیه سازی‌شده ۲۷۴۰ متری می‌تواند نتایج مشابه تمرین در شرایط نورموکسی و حتی در برخی موارد پاسخ‌های بهتری از نظر عوامل آمادگی جسمانی (VO_2max)، نشانگرهای خطر متابولیک (انسولین، مقاومت به انسولین) و ترکیب بدنی مانند BMI و درصد چربی با وجود پایین بودن بار کار را موجب شود (۲۷). این نتایج با نتایج تحقیق حاضر همسوست. مطالعات قبلی دیگر نیز افزایش نسبی در میزان اکسایش گلوکز را طی فعالیت بدنی پس از تمرین در شرایط هایپوکسی نشان داده‌اند (۱، ۱۸). این پدیده ممکن است ناشی از فعال‌سازی عامل القاشده هایپوکسی-۱(HIF-1) باشد (۱۸). فعال‌سازی HIF-1 به‌منظور تحریک چندین ژن که شامل کدگذاری برای ارپتروپویتین، عامل رشد اندوتلیال عروقی (VEGF)، انتقال‌دهنده GLUT-1م[۱۳] (که به حرکت گلوکز در عرض غشای سلولی کمک می‌کند) و چندین آنزیم گلیکولتیک می‌شود، ضروری است. افزایش mRNA برای آنزیم فسفوفروکتوکیناز بعد از تمرین در ارتفاع نیز سبب افزایش ظرفیت برای اجراهای بی‌هوازی می‌شود (۲۸).

اگرچه هر دو گروه تمرینات خود را با ضربان قلب نسبی یکسان روی دوچرخه کارسنج انجام دادند، تمرین در شرایط هایپوکسی نورموباریک تفاوت‌های عمده‌ای با شرایط نورموکسی دارد و با وجود پایین‌تر بودن حجم بار تمرین در شرایط هایپوکسی نورموباریک تأثیرات آن بر دستگاه‌های متابولیسمی و هورمونی بدن ممکن است متفاوت باشد (۲۸)، چراکه نتزلر و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که ۸ هفته تمرین در شرایط هایپوکسی نورموباریک (۱۵٪ O_2 برابر ارتفاع ۲۵۰۰ متر) به‌نسبت هایپوکسی نورموباریک ساختگی[۱۴] (۲۰٪ O2 برابر با ارتفاع ۴۵۰ متر) در شرایط هایپوکسی نورموباریک به کاهش وزن و توده بدنی بیشتری در مقایسه با گروه شرایط نورموباریک منجر شد (۲۶)، نتایج آن‌ها اگرچه به لحاظ آماری با نتایج تحقیق حاضر همسو نیست، در کل ما کاهش وزن بیشتری در گروه هایپوکسی نورموباریک مشاهده کردیم. هرچند در مطالعه حاضر مقدار غذای دریافتی آزمودنی‌ها اندازه‌گیری نشد (از محدودیت‌های تحقیق حاضر)، ولی مطالعات پیشین نشان داده‌اند که شرایط هایپوکسی نورموباریک به کاهش غذای دریافتی منجر می‌شود، به همین دلیل احتمال می‌رود کاهش غذای دریافتی موجب کاهش وزن و نیز درصد چربی بیشتر در مقایسه با تمرین هوازی در شرایط نورموکسی شود. به‌علاوه، در تحقیقات بسیار دیگری نیز کاهش وزن در شرایط هایپوکسی نورموباریک متوسط با انجام تمرینات هوازی کم‌شدت نشان داده شده است (۱۸، ۲۹)، تغییرات اندک وزن در شرایط هایپوکسی نورموباریک تأییدکننده این موضوع است که شرایط هایپوکسی نورموباریک بیش از خود تمرین هوازی در کاهش وزن و درصد چربی نقش دارد.

براساس شواهد موجود افرادی که در ارتفاع زندگی می‌کنند، کمتر احتمال چاق بودن یا داشتن اضافه وزن دارند (۲۷). تحقیقات مداخله‌ای نیز نشان داده‌اند که شرایط هایپوکسی نورموباریک می‌تواند راهکار درمانی برای کاهش وزن یا کاهش عوامل خطرزای مرتبط با بیماری قلبی-عروقی باشد، البته به‌شرطی که شرایط هایپوکسی نورموباریک با تمرینات حداقل با شدت متوسط همراه باشد، در غیر این صورت فواید ناشی از شرایط هایپوکسی نورموباریک به‌تنهایی مشاهده نخواهد شد (۱).

به‌نظر می‌رسد این نوع فعالیت به‌دلیل ماهیت تحریکی

ناشی از کاهش غلظت اکسیژن در ترکیب با تمرین هوازی زیر بیشینه موجب افزایش سطوح استراحتی VEGF با وجود پایین بودن حجم تمرینات در مقایسه با تمرین در شرایط نورموکسی می‌شود. سازوکارهای احتمالی افزایش VEGF به‌دلیل افزایش تنش برشی به دیواره عروق و فعال‌سازی مسیرهای آنژیوژنز عروقی در اثر کاهش فشار سهمی اکسیژن است. همچنین افزایش معنادار VEGF در حالت تمرین در هایپوکسی نورموباریک می‌تواند نشان‌دهنده نقش این عامل در کاهش خطر بیماری قلبی- عروقی و عملکرد اندوتلیال عروق باشد.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با هزینه شخصی و در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد انجام گرفته است، در پایان از تمامی آزمودنی‌های عزیز شرکت‌کننده در تحقیق شرکت کمال تشکر را داریم.

پی‌نوشت‌ها

1. Asano
2. Pedlar
3. Sherpa
4. Brixius
5. Disanzo
6. Park
7. Jackson & Pollock
8. GO2altitude, hypobarica chapmer
9. Siri
10. Respiratory exchange ratio
11. Gavin
12. GLUT-1 transporter
13. Wiesner
14. Normobaric sham Hypoxia

منابع

[1] Kong Z, Shi Q, Nie J, Tong TK, Song L, Yi L, et al. High-Intensity Interval Training in Normobaric Hypoxia Improves Cardiorespiratory Fitness in Overweight Chinese Young Women. Front Physiol. 2017;8:175.

[2] Tsai HH, Chang SC, Chou CH, Weng TP, Hsu CC, Wang JS. Exercise Training Alleviates Hypoxia-induced Mitochondrial Dysfunction in the Lymphocytes of Sedentary Males. Sci Rep. 2016;6:35170.

[3] Suhr F, Brixius K, de Marées M, Bölck B, Kleinöder H, Achtzehn S, et al. Effects of short-term vibration and hypoxia during high-intensity cycling exercise on circulating levels of angiogenic regulators in humans. Journal of applied physiology. 2007;103(2):474-83.

[4] Asano, Kaneoka, Nomura, Sone, Tsurumaru, Yamashita, et al. Increase in serum vascular endothelial growth factor levels during altitude training. Acta physiologica Scandinavica. 1998;162(4):455-9.

[5] Pedlar CR, Whyte GP, Godfrey RJ. Pre-acclimation to exercise in normobaric hypoxia. European Journal of Sport Science. 2008;8(1):15-21.

[6] Pirouz M, Nourshahi M. The effect of eight weeks training in hypoxia-normobaric and normal situation on serum VEGF, erythropoietin concentration, fatigue index and VO2max. 2013.

[7] Sherpa LY, Stigum H, Chongsuvivatwong V, Thelle DS, Bjertness E. Obesity in Tibetans aged 30-70 living at different altitudes under the north and south faces of Mt. Everest. International journal of environmental research and public health. 2010;7(4):1670-80.

[8] Cao Y. Angiogenesis and Vascular Functions in Modulation of Obesity, Adipose Metabolism, and Insulin Sensitivity. Cell metabolism. 2013;18(4):478-89.

[9] Westerterp-Plantenga MS, Westerterp KR, Rubbens M, Verwegen CR, Richelet J-P, Gardette B. Appetite at "high altitude"[Operation Everest III (Comex-'97)]: a simulated ascent of Mount Everest. Journal of Applied Physiology. 1999;87(1):391-9.

[10] Khalid M. The association between strenuous physical activity and obesity in a high and low altitude populations in southern Saudi Arabia. International journal of obesity and related metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity. 1995;19(11):776-80.

[11] Prior BM, Yang H, Terjung RL. What makes vessels grow with exercise training? Journal of Applied Physiology. 2004;97(3):1119-28.

[12] Brixius K, Schoenberger S, Ladage D, Knigge H, Falkowski G, Hellmich M, et al. Longterm Endurance Exercise decreases the Antiangiogenic Endostatin Signaling in adipose men aged between 50-60 years. British journal of sports medicine. 2007.

[13] Disanzo BL, You T. Effects of exercise training on indicators of adipose tissue angiogenesis and hypoxia in obese rats. Metabolism. 2014;63(4):452-5.

[14] Park J, Nakamura Y, Kwon Y, Park H, Kim E, Park S. The effect of combined exercise training on carotid artery structure and function, and vascular endothelial growth factor (VEGF) in obese older women. Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine. 2010;59(5):495-504.

[15] Jackson A, Pollock M. Generalized equations for predicting body density of men. British Journal of Nutrition.

Townsend JR, Stout JR, et al. Moderate Altitude Affects High Intensity Running Performance in a Collegiate Women's Soccer Game. Journal of human kinetics. 2015;47(1):147-54.

[25] Vogt M, Hoppeler H. Is hypoxia training good for muscles and exercise performance? Progress in cardiovascular diseases. 2010;52(6):525-33.

[26] Netzer NC, Chytra R, KÜpper T. Low intense physical exercise in normobaric hypoxia leads to more weight loss in obese people than low intense physical exercise in normobaric sham hypoxia. Sleep and Breathing. 2008;12(2):129-34.

[27] Wiesner S, Haufe S, Engeli S, Mutschler H, Haas U, Luft FC, et al. Influences of normobaric hypoxia training on physical fitness and metabolic risk markers in overweight to obese subjects. Obesity. 2010;18(1):116-20.

[28] Abe T, Kitaoka Y, Kikuchi DM, Takeda K, Numata O, Takemasa T. High-intensity interval training-induced metabolic adaptation coupled with an increase in Hif-1alpha and glycolytic protein expression. J Appl Physiol (1985). 2015;119(11):1297-302.

[29] Wu LH, Chang SC, Fu TC, Huang CH, Wang JS. High-intensity Interval Training Improves Mitochondrial Function and Suppresses Thrombin Generation in Platelets undergoing Hypoxic Stress. Sci Rep. 2017;7(1):4191.

1978;40(03):497-504.

[16] Siri WE. The gross composition of the body. Adv Biol Med Phys. 1956;4:239-80.

[17] Warren BL, Loftin M, Sothern M, Udall J. Comparison of VO2 peak during treadmill and cycle ergometry in severely overweight youth. Journal of Sports Science and Medicine. 2004.

[18] De Smet S, van Herpt P, D'Hulst G, Van Thienen R, Van Leemputte M, Hespel P. Physiological Adaptations to Hypoxic vs. Normoxic Training during Intermittent Living High. Front Physiol. 2017;8:347.

[19] Gavin TP, Stallings HW, Zwetsloot KA, Westerkamp LM, Ryan NA, Moore RA, et al. Lower capillary density but no difference in VEGF expression in obese vs. lean young skeletal muscle in humans. Journal of applied physiology. 2005;98(1):315-21.

[20] Doupis J, Rahangdale S, Gnardellis C, Pena SE, Malhotra A, Veves A. Effects of diabetes and obesity on vascular reactivity, inflammatory cytokines, and growth factors. Obesity. 2011;19(4):729-35.

[21] Silha J, Krsek M, Sucharda P, Murphy L. Angiogenic factors are elevated in overweight and obese individuals. International journal of obesity. 2005;29(11):1308.

[22] Sinex JA, Chapman RF. Hypoxic training methods for improving endurance exercise performance. Journal of Sport and Health Science. 2015;4(4):325-32.

[23] Sumi D, Kojima C, Goto K. Impact of Endurance Exercise in Hypoxia on Muscle Damage, Inflammatory and Performance Responses. J Strength Cond Res. 2017.

[24] Bohner JD, Hoffman JR, McCormack W, Scanlon TC,

Shahid Beheshti University

Sport and Exercise Physiology

Autumn and Winter 2020; Vol.13; No.2

Effects of six weeks of aerobic training on the resting levels of VEGF, Body Composition and VO_2max within normobaric hypoxic conditions in overweight/obesity women

Atekeh Saidian[1], Rostam Alizadeh[2], Lida Moradi[1]

[1]Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[2]Department of Physical Education & Sports Science, School of Literature and Humanities, Ilam University, Ilam, Iran.

*Corresponding Author: Rostam Alizadeh, Tel: 09126961587,E-mail: r.alizadeh@ilam.ac.ir

Received: 17/02/2018 Revised: 14/05/2019 Accepted: 24/07/2019

Abstract

Purpose: Since obesity and overweight have dramatically increased in recent years, the purpose of this study was to compare the effects of aerobic exercise training in normobaric hypoxia and normoxia conditions on the resting levels of the VEGF, body composition, and the VO2max among Overweight / Obesity Women. **Methods:** Twenty-four overweight women voluntarily agreed to take part in the study following the related announcement. The Mean±SD of their age, height, and weight were, respectively, 28.25 ± 3.7 (years), 161.8 ± 3.01 (cm), and 78.64 ± 7.18 (kg). The normobaric hypoxic training group performed aerobic training in hypoxic tents for six weeks, three sessions per week (with 60% of the maximum heart rate), and the normoxic group (control group) performed aerobic training for the same period of time as the hypoxic group. The training program included a 5-minute warm-up following 20 minutes of exercise at 60% of the maximum heart rate for the first week; every week, five minutes were added to the total exercise time. **Results:** The results of comparing pre- and post-exercise changes in body composition indexes for the normobaric hypoxic and normoxic groups indicated that changes in weight ($p=0.165$) and BMI ($p= 0.191$) were not significantly different, but the changes in fat percentage ($p=0.022$) and waist ($p = 0.031$) were significantly different between the two groups. The changes in the maximal oxygen consumption ($p= 0.008$) and the VEGF ($p< 0.001$) following six weeks of training also differed across groups. **Conclusion:** The significanlty larger increase in the resting levels of the VEGF in normobaric hypoxia conditions could indicate the importance of physical activity in such conditions in reducing the risk of cardiovascular diseases and vascular endothelial function among overweight people.

Keywords: Normobaric hypoxia, Angiogenesis, Overweight, Aerobic training.