

حرکت

شماره ۸ - تابستان ۱۳۸۰

ص ص : ۵۸ - ۴۳

عوامل همبسته با کاهش کارایی قلبی - تنفسی در ارتفاع

دکتر ناصر بهپور - وحید تأدیبی - دکتر مجتبی نیازی

عضو هیأت علمی دانشکده تربیت بدنی دانشگاه رازی کرمانشاه - عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد

اسلامی کرمانشاه - عضو هیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

چکیده

این پژوهش با هدف یافتن عوامل مرتبط با کاهش کارایی قلبی - تنفسی، میزان SAO_2 استراحتی و درصد کاهش $\dot{V}O_{2max}$ در ارتفاع (به عنوان دو ملاک ارزیابی کارایی قلبی - تنفسی در ارتفاع) را در ۱۱ مرد جوان داوطلب مورد بررسی قرار داده است. مشخصات بدنی، عوامل ریوی (VC, FVC, FEV_1) ، $\dot{V}O_{2max}$ ، FEV_3 ، MVV ، زمان حبس نفس، و SAO_2 (در حالت استراحت و هنگام آزمون) آزمودنی‌ها در شهر کرمانشاه (ارتفاع ۱۳۳۰ متر) اندازه‌گیری شد. دو روز بعد، پس از صعود به ارتفاعات رشته کوه پراو (ارتفاع ۳۱۵۰ متر)، در ساعات مختلف اقامت در ارتفاع SAO_2 استراحتی و علائم بروز AMS ثبت شده و ۲۲ ساعت بعد، زمان حبس نفس، $\dot{V}O_{2max}$ ، SAO_2 (هنگام فعالیت) اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری، نتایج زیر را به دست داد: در ارتفاع، SAO_2 استراحتی و $\dot{V}O_{2max}$ ، به طور معنی‌داری کاهش یافته و میانگین SAO_2 استراحتی در ارتفاع و درصد کاهش $\dot{V}O_{2max}$ در ارتفاع، هیچ یک با میزان $\dot{V}O_{2max}$ و زمان حبس نفس در شهر، رابطه معنی‌داری نداشتند. رابطه معکوس معنی‌داری بین میانگین SAO_2 استراحتی در ارتفاع و درصد کاهش $\dot{V}O_{2max}$ در ارتفاع مشاهده شد. با افزایش مدت زمان اقامت در ارتفاع، SAO_2 استراحتی، بطور معنی‌داری افزایش یافت. مهمترین یافته تحقیق این است که همه عوامل ریوی با درصد کاهش $\dot{V}O_{2max}$ در ارتفاع رابطه معکوس، و بجز FEV_1 همگی با میانگین SAO_2 استراحتی در ارتفاع، رابطه مستقیم معنی‌دار دارند. این یافته، شاید بتواند به روشن‌تر شدن تفاوت‌های فردی موجود در پاسخ‌های فیزیولوژیکی به ارتفاع، کمک نموده و عاملی باشد برای متمایز نمودن افرادی که کارایی قلبی - تنفسی آنها در ارتفاع (نسبت به دیگران) کمتر کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی

ارتفاع، اشباع اکسیژن خون سرخرگی با هموگلوبین، اکسیژن مصرفی بیشینه، بیماری کوه گرفتگی حاد، کارایی قلبی - تنفسی، هیپوکسی

مقدمه

فشار هوا در هر نقطه از زمین، با وزن هوای بالای آن نقطه، رابطه دارد (البته فشار هوا در یک ارتفاع ثابت، با حرکت به سمت قطب و همچنین در فصل‌های سرد سال کاهش می‌یابد (۱۹)). اما باید دانست که با وجود تغییر فشار هوا در ارتفاعات مختلف، درصد گازهای تنفسی ثابت است (۲۰/۹۳ درصد اکسیژن، ۰/۰۳ درصد دی‌اکسیدکربن، ۷۹/۰۴ درصد نیتروژن (۳۵)). با کاهش فشار هوا، فشار سهمی گازهای تشکیل دهنده هوا کم شده و با کاهش فشار سهمی اکسیژن (در سطح دریا ۱۵۹ میلی‌متر جیوه و در ارتفاع ۳۰۰۰ متر، ۱۱۰ میلی‌متر جیوه (۶))، فشار سهمی اکسیژن هوا (P_{iO_2}) و فشار سهمی اکسیژن سرخرگی (P_{aO_2}) نیز کاهش می‌یابد. با کاهش (P_{aO_2}) ، درصد اشباع اکسیژن سرخرگی (S_{aO_2}) کم شده و اکسیژن کمتری در اختیار بافت‌ها قرار می‌گیرد. از سوی دیگر، اختلاف فشار سهمی اکسیژن سرخرگی - بافتی، که مسئول آزادسازی اکسیژن به بافت‌ها است، کم می‌شود. برای مثال، در سطح دریا، فشار سهمی اکسیژن سرخرگی، ۹۴ میلی‌متر جیوه و فشار سهمی اکسیژن در بافت‌های بدن، ۲۰ میلی‌متر جیوه و اختلاف بین این دو عامل، ۷۴ میلی‌متر جیوه است. اما در ارتفاع ۲۴۳۹ متری، فشار سهمی اکسیژن سرخرگی، به ۶۰ میلی‌متر جیوه می‌رسد در حالی که فشار سهمی اکسیژن بافت‌ها، تغییری نمی‌کند و بنابراین اختلاف فشار سهمی اکسیژن سرخرگی - بافتی، تقریباً ۵۰ درصد کاهش می‌یابد (۳۵).

بدن انسان، در پاسخ به کاهش اکسیژن (هیپوکسی) ۵، سازگاری‌هایی مانند پاسخ تهویه‌ای نسبت

1- Partial Pressure

2- Inspired Oxygen Partial Pressure

3- Partial Pressure of Oxygen in Arterial Blood

4- Percentage Saturation of Hemoglobin with Oxygen in Arterial Blood

5- Hypoxia

به هیپوکسی (HVR)^۱، تغییرات در تعادل اسید - باز، افزایش ظرفیت حمل اکسیژن در خون، تغییرات شکل منحنی تجزیهٔ اکسی هموگلوبین و ... از خود نشان می‌دهد. علی‌رغم این سازگاری‌ها، اکسیژن مصرفی بیشینه ($\dot{V}O_{2max}$)^۲ و درصد اشباع اکسیژن سرخرگی (SO_2) کاهش می‌یابد. اما عمده‌ترین مشکل ایجاد شده در اثر هیپوکسی، بروز بیماری کوه‌گرفتگی حاد^۳ است. با بروز AMS، قابلیت‌های جسمانی فرد بشدت کاهش می‌یابد و حتی در موارد وخیم، بیمار جان خود را از دست می‌دهد. این بیماری علائمی همچون سر درد، سرگیجه، ضعف مفرط، تنگی نفس، سرفه، بی‌اشتهایی، حالت تهوع، اختلال در راه رفتن، اختلال در خواب، اختلالات دستگاه گوارش و ... دارد (۶، ۱۳، ۱۹ و ۲۶).

احتمال بروز AMS، با افزایش حساسیت‌های فردی، سرعت صعود و ارتفاع صعود، بیشتر می‌شود (۲۷). اما ابتلا به AMS در ارتفاع را چه عواملی می‌توانند پیش‌بینی کنند؟ قابلیت‌های جسمانی چه کسانی در ارتفاع، بیشتر کاهش می‌یابد؟ هنوز در این مورد نمی‌توان جواب قاطع داد. طبق نتایج به دست آمده، هیچ ارتباطی بین سطوح اولیهٔ آمادگی جسمانی و احتمال بروز AMS وجود ندارد. بسیاری از پژوهشگران اظهار داشته‌اند که بروز AMS و کاهش قابلیت‌های جسمانی در ارتفاع، می‌تواند با پاسخ تهویه‌ای نسبت به هیپوکسی رابطهٔ معکوس داشته باشد و چون HVR مستقیماً با پاسخ عصبی گیرنده‌های شیمیایی واقع در اجسام کاروتیدی مربوط شده است، بنابراین می‌توان حدس زد که افرادی بیشتر تحت تأثیر AMS قرار می‌گیرند که بصورت ژنتیکی حساسیت گیرنده‌های شیمیایی آنها نسبت به کاهش اکسیژن، ضعیف بوده و با ورود به ارتفاع، HVR ضعیف‌تری دارند (۱۰). با این حال "پیکاک"^۴ در سال ۱۹۹۸ عنوان نموده است که به نظر نمی‌رسد رابطه‌ای بین HVR و توانایی تحمل ارتفاع وجود داشته باشد. چراکه بعضی از افراد با HVR ضعیف، عملکرد بالایی در ارتفاع داشته‌اند. مانند "پیتر هابلر"^۵ که در سال ۱۹۷۸ به همراه "مسنر"^۶ اولین صعود به قلهٔ اورست را بدون استفاده از اکسیژن اضافی انجام داد (۲۶). از طرف دیگر، "راچ و همکارانش"^۷ در سال ۱۹۹۸ اظهار داشتند که "با وجود اینکه پژوهش‌های متعددی رابطهٔ بین بروز AMS با میزان HVR و فشار سهمی دی‌اکسیدکربن

1- Hypoxic Ventilatory Response

2- Maximal Oxygen "Uptake

3- Acute Mountain Sickness

4- Peacock

5- Peter Habler

6- Messner

7- Roach et al

سرخرگی را تأیید کرده‌اند، اما اندازه‌گیری دقیق این دو عامل در ارتفاع مشکل است. ولی با توجه به رابطه معکوس معنی‌دار بین SaO_2 استراحتی در ارتفاع و احتمال بروز AMS در ارتفاعات بالاتر، و اینکه اندازه‌گیری SaO_2 استراحتی در ارتفاع، با اطمینان بالا می‌توان تشخیص داد که در معرض ابتلا به AMS هستند، مشخص نمود (۲۹).

با توجه به موارد مذکور و اینکه هنوز عاملی قطعی برای شناسایی افرادی که با صعود به ارتفاع در برابر AMS مقاوم‌ترند یا کارایی قلبی - تنفسی آنها کمتر کاهش می‌یابد و به طور کلی در ارتفاع آمادگی بدنی بالاتری دارند، مشخص نشده است، در این پژوهش، پژوهشگر قصد دارد تا در کنار اندازه‌گیری SaO_2 استراحتی در ارتفاع و درصد کاهش $\dot{V}O_{2max}$ آزمودنی‌ها در ارتفاع نسبت به شهر (به عنوان دو ملاک ارزیابی کارایی قلبی - تنفسی در ارتفاع) و همچنین ثبت علائم بروز AMS، عوامل دیگری را از طریق اسپیرومتری^۱، پالس اکسی متری^۲ (در حالت استراحت و هنگام فعالیت زیر بیشینه) و دیگر آزمون‌های ساده تنفسی همچون حبس نفس، به دست آورده و ارتباط آنها را با دو ملاک ذکر شده بررسی کند.

با توجه به کوهستانی بودن بخش عظیمی از کشور ما، و وجود شهرهای بزرگ زیادی در ارتفاع بالاتر از ۱۰۰۰ متر، به وضوح خلاء پژوهش‌های مختلف در زمینه اثرهای فیزیولوژیکی ارتفاع و کمبود اکسیژن بر بدن انسان حس می‌شود. به جرأت می‌توان گفت که دانش بسیاری از مربیان و ورزشکاران ما درباره ارتفاع و شرایط ویژه آن محدود است. از این رو، این پژوهش شاید بتواند گوشه‌ای کوچک از این خلاء بی‌نهایت را پر کند. دیگر اینکه، به رغم پژوهش‌های دقیق انجام شده در زمینه فیزیولوژی ارتفاع، هنوز پرده از راز بسیاری ناشناخته‌ها برداشته نشده است. بویژه، علل قطعی تفاوت‌های فردی و پاسخ به ارتفاع در پرده ابهام است و چون این پژوهش در پی یافتن ارتباط بین ویژگی‌های فردی و پاسخ‌های ویژه بدن در ارتفاع است، می‌تواند گامی هر چند کوتاه در راه دور و دراز این نایافته‌ها بردارد. همچنین، این پژوهش شاید بتواند با توجه به دیگر پژوهش‌هایی که انجام گرفته و خواهد گرفت، در انتخاب نفرات برای رقابت‌های ورزشی هوایی که در مناطق مرتفع برگزار می‌شوند و همچنین گروه‌های کوهنوردی اعزامی به ارتفاعات بلند، با در نظر گرفتن دیگر عوامل آمادگی جسمانی، معیار علمی و بهتری به دست آورد.

روش تحقیق

آزمودنی‌های انتخاب شده برای این تحقیق، ۱۱ مرد جوان داوطلب بودند که هیچ یک سابقه ناراحتی‌های قلبی - ریوی و استعمال دخانیات نداشتند. همه آنها در ارتفاع بالاتر از ۱۰۰۰ متر متولد شده و زندگی کرده بودند (شهر کرمانشاه یا شهرستان اطراف) بجز دو تن از آنها، هیچ کدام سابقه صعود به ارتفاعات بالا را نداشتند. مشخصات آزمودنی‌ها در جدول ذیل خلاصه شده است:

جدول ۱ - مشخصات توصیفی آزمودنی‌ها

متغیر	میانگین	انحراف استاندارد
سن (سال)	۲۵/۶۴	۶/۹۹
قد (سانتی‌متر)	۱۷۲/۱۸	۲/۸۶
جرم (کیلوگرم)	۶۷/۴۵	۸/۵۱
چربی زیر پوستی (درصد)	۹/۸۳	۴/۴۴
فشار خون سیستولی (میلی‌متر جیوه)	۱۱۹/۵۴	۱۰/۱۱
فشار خون دیاستولی (میلی‌متر جیوه)	۷۴/۵۵	۶/۸۷
$\dot{V}O_{2max}$ در شهر (میلی‌متر در دقیقه بر کیلوگرم)	۵۰/۱۶	۵/۳۵

برای انجام آزمون‌های اولیه در شهر، از آزمودنی‌ها دعوت به عمل آمد تا در ساعت ۱۵:۳۰ روز ۱۳۷۹/۱/۲۴ در آزمایشگاه مرکز تحقیقاتی، آموزشی و درمانی قلب و عروق امام علی (ع) شهرستان کرمانشاه (ارتفاع ۱۳۳۰ متر، دمای هوا ۲۲ درجه سانتی‌گراد) حضور به هم رسانند. در موعد مقرر، پس از خوشامدگویی و تشکر، ضمن تشریح هدف، اهمیت و فواید تحقیق، آزمودنی‌ها برای شرکت و همکاری در مراحل مختلف آزمون‌ها تشویق و آماده شدند و پس از نیم ساعت استراحت (نشستن بر روی صندلی)، به ترتیب مشخصات فردی، قد، جرم، چربی زیر پوست (اندازه‌گیری از سه نقطه سینه، شکم و ران، با استفاده از فرمول پروزک^۱)، فشار خون سیستولی و دیاستولی (به وسیله فشارسنج CERTIFIED، ساخت ژاپن)، ضربان قلب و میزان SaO_2 استراحتی آزمودنی‌ها (به وسیله

پالس اکسی متر *NOVAMETRIX OXYPLETH* ساخت آمریکا، توسط محقق و با همکاری کادر پرستاری مرکز ثبت شد. سپس، آزمون‌های حبس نفس، اسپیرومتری (به وسیله اسپیرومتر دیجیتالی *HI-601 MICROSPIRO* مجهز به صفحه نمایش و چاپگر، ساخت ژاپن)، برای اندازه گیری عوامل ریوی شامل (VC^5 , FVC^4 , FEV_1^3 , FEV_3^2 , MVV^1)، و پله کالج کوئینز به فاصله بیست دقیقه از یکدیگر (برای هر آزمودنی) انجام شد. به این ترتیب، کلیه آزمون‌ها در شهر انجام شد و طبق قرار قبلی، ساعت ۳۰:۵ روز ۱۳۷۹/۱/۲۶، آزمودنی‌ها برای حرکت به سمت کوهستان حاضر شدند و با خودرو سواری تا کوهپایه (ارتفاع ۱۴۵۰ متر، ۱۵ کیلومتری شرق کرمانشاه) انتقال یافتند و ساعت ۷، همگی به همراه محقق، صعود از کوهستان پراو را آغاز کردند. با حرکت یکنواخت به سمت بالا، پس از دو توقف در مسیر (در ارتفاع ۲۱۵۰ متری به مدت یک ساعت و در ارتفاع ۲۸۵۰ متری به مدت یک ربع ساعت)، ساعت ۱۳ به پناهگاه پراو (محل انجام پس‌آزمون‌ها) در ارتفاع ۳۱۵۰ متری از سطح دریا رسیدند. در ساعات ۱۸، ۱۴ و ۲۲، SaO_2 و ضربان قلب استراحتی آزمودنی‌ها به وسیله دستگاه پالس اکسی متر، اندازه گیری شد و علائم بروز احتمالی *AMS* با استفاده از پرسشنامه *Lake Louise* (اصلاح شده در آگوست ۱۹۹۹) ثبت گردید. این کار در ساعت ۱۰ روز بعد هم تکرار شد. همچنین، محقق موفق شد SaO_2 و ضربان قلب دو تن از آزمودنی‌ها را در هنگام خواب به دست آورد.

در ساعت ۱۱ روز بعد، پس از ۲۲ ساعت اقامت در ارتفاع و دو ساعت و نیم پس از صرف صبحانه، ابتدا آزمون حبس نفس و سپس آزمون پله کالج کوئینز (همراه با ثبت SaO_2 حین انجام

- 1- *Maximum Voluntary Ventilation* (تهویه ارادی بیشینه: حجم هوای دم و بازدمی در طول یک دقیقه تهویه حداکثر ارادی، با عمق و تکرار حداکثر)
- 2- *Forced Expiratory Volume in 3 Second* (حجم بازدمی با فشار در سه ثانیه: حجم هوای بازدمی در طول *FVC* سه ثانیه از *FVC*)
- 3- *Forced Expiratory Volume in 1 Second* (حجم بازدمی با فشار در یک ثانیه: حجم هوای بازدمی در طول *FVC* یک ثانیه از *FVC*)
- 4- *Forced Vital Capacity* (ظرفیت حیاتی با نیرومند: ظرفیت حیاتی که پس از یک دم عمیق و حداکثر با یک بازدم سریع و حداکثر به دست آید)
- 5- *Vital Capacity* (ظرفیت حیاتی: حداکثر حجم هوای بازدمی پس از یک دم حداکثر و عمیق)

آموزن‌ها) در داخل پناهگاه، با دمای ۱۶ درجه سانتی‌گراد انجام شد. شایان ذکر است که در طول اجرای تحقیق در ارتفاع، سطح فعالیت جسمانی، تغذیه و استراحت آزمودنی‌ها مشابه بوده است.

یافته‌های تحقیق

میانگین وانحراف استاندارد مهمترین متغیرهای اندازه‌گیری شده در شهر و ارتفاع، در جدول

ذیل ذکر شده است:

جدول ۲- مقادیر به دست آمده از اندازه‌گیری متغیرهای تحقیق

انحراف استاندارد	میانگین	متغیر
۵/۳۵	۵۰/۱۶	VO_2max در شهر (میلی‌لیتر در دقیقه بر کیلوگرم)
۵/۱۰	۴۷/۷۶	VO_2max در ارتفاع (میلی‌لیتر در دقیقه بر کیلوگرم)
۰/۷۰	۹۷/۰۹	SaO_2 استراحتی در شهر (درصد)
۱/۰۸	۹۱/۱۸	SaO_2 استراحتی، ۱ ساعت پس از ورود به ارتفاع (درصد)
۱/۳۷	۹۳/۴۵	SaO_2 استراحتی، ۵ ساعت پس از ورود به ارتفاع (درصد)
۰/۹۳	۹۳/۵۴	SaO_2 استراحتی، ۹ ساعت پس از ورود به ارتفاع (درصد)
۰/۴۷	۹۴/۷۳	SaO_2 استراحتی، ۲۱ ساعت پس از ورود به ارتفاع (درصد)
۰/۸۲	۹۲/۶۸	میانگین SaO_2 استراحتی در ساعات مختلف اقامت در ارتفاع (درصد)
۱۸/۰۹	۵۰/۹۱	زمان حبس نفس در شهر (ثانیه)
۱۶/۳۸	۴۳/۵۴	زمان حبس نفس در ارتفاع (ثانیه)
۱۰/۷۲	۷۸/۴۹	VC (درصد به دست آمده از مقادیر پیش‌بینی شده توسط اسپرومتر)
۸/۲۴	۷۱/۸۴	FVC (درصد به دست آمده از مقادیر پیش‌بینی شده ...)
۷/۴۳	۸۰/۸۷	$FEV1$ (درصد به دست آمده از مقادیر پیش‌بینی شده ...)
۹/۸۴	۷۲/۷۴	$FEV3$ (درصد به دست آمده از مقادیر پیش‌بینی شده ...)
۹/۰۲	۷۹/۸۴	MVV (درصد به دست آمده از مقادیر پیش‌بینی شده ...)
۶/۸۴	۱۱۲/۸۰	$FEV1/FVC$ (درصد به دست آمده از مقادیر پیش‌بینی شده ...)
۲/۴۵	۱۰۱/۱۱	$FEV3/FVC$ (درصد به دست آمده از مقادیر پیش‌بینی شده ...)

به منظور بررسی رابطه بین متغیرها، از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شده که نتایج حاصل از رابطه برخی متغیرهای مهم در جدول ۳ خلاصه شده است. در قسمت راست و بالای جدول مذکور، مقادیر ضریب همبستگی و در قسمت چپ و پایین جدول، معنی‌دار بودن یا معنی‌دار نبودن این روابط ذکر شده است.

جدول ۳- ضرایب همبستگی میان متغیرها

$\dot{V}O_2max$ در شهر	درصد کاهش $\dot{V}O_2max$ در ارتفاع	میانگین SaO_2 استراحتی در ارتفاع	زمان حبس نفس در شهر	VC	FVC	FEV1	FEV3	MVV	
۱	۰/۱۱۸	-۰/۳۱۰	۰/۰۱۴	-۰/۰۸۳	-۰/۰۷۲	۰/۲۰۲	-۰/۰۵۶	-۰/۲۸۰	$\dot{V}O_2max$ در شهر
NS	۱	-۰/۸۰۶	-۰/۳۴۲	-۰/۷۵۶	-۰/۷۷۴	-۰/۶۵۳	-۰/۷۹۸	-۰/۶۴۴	درصد کاهش $\dot{V}O_2max$ در ارتفاع
NS	**	۱	۰/۲۹۴	۰/۷۱۳	۰/۶۷۱	۰/۳۳۹	۰/۷۰۹	۰/۶۳۸	میانگین SaO_2 استراحتی در ارتفاع
NS	NS	NS	۱	۰/۱۷۹	-۰/۱۵۹	-۰/۰۵۳	-۰/۱۲۶	۰/۳۰۰	زمان حبس نفس در شهر
NS	**	*	NS	۱	۰/۷۶۶	۰/۵۷۴	۰/۷۷۴	۰/۸۴۰	VC
NS	**	*	NS	**	۱	۰/۸۲۱	۰/۹۹۳	۰/۶۵۴	FVC
NS	*	NS	NS	NS	**	۱	۰/۸۲۶	۰/۴۰۲	FEV1
NS	**	*	NS	**	**	**	۱	۰/۶۲۶	FEV3
NS	*	*	NS	**	*	NS	*	۱	MVV

NS رابطه بی معنی

* ($P < 0/05$)

** ($P < 0/01$)

برای بررسی تفاوت میانگین‌های SaO_2 استراحتی، از روش تحلیل واریانس یک طرفه استفاده شد، که نتایج حاصل از این روش آماری در جدول ۴ درج گردیده است.

جدول ۴- نتایج تحلیل واریانس یک طرفه مقادیر SAO_2 استراحتی در ساعات مختلف اقامت در ارتفاع

سطح معنی داری	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	
۰/۰۰۰	۳۰/۸۳۷	۳۱/۸۱۸	۳	۹۵/۴۵۵	بین گروه‌ها
		۱/۰۳۲	۴۰	۴۱/۲۷۳	درون گروه‌ها
			۴۳	۱۳۶/۷۲۷	کل

با توجه به نتایج تحلیل واریانس یک طرفه، بین مقادیر SAO_2 استراحتی در ساعات مختلف اقامت در ارتفاع، تفاوت معنی داری وجود دارد. اما تحلیل واریانس، تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها را به صورت کلی نشان می‌دهد. به همین دلیل، برای یافتن تفاوت‌های معنی دار SAO_2 استراحتی در ساعات مختلف نسبت به یکدیگر، از آزمون تفاوت معنی دار توکی استفاده شده که نتایج آن در جدول ۵ خلاصه شده است.

جدول ۵- تفاوت‌های معنی دار میزان SAO_2 استراحتی در ساعات مختلف اقامت در ارتفاع

مدت زمان اقامت در ارتفاع	بیست و یک ساعت	نه ساعت	پنج ساعت
یک ساعت	* -۳/۵۴	* -۲/۳۶	-۰/۲۷
پنج ساعت	* -۳/۲۷	* -۲/۰۹	
نه ساعت	* -۱/۱۸		

* ($P < ۰/۰۵$)

علاوه بر نتایج مذکور، یافته‌های زیر نیز حاصل شدند:

بین میزان $\dot{V}O_{2max}$ در شهر و ارتفاع تفاوت معنی داری مشاهده شد ($t = ۷/۵$, $P = ۰/۰۰۰۱$). میانگین این تفاوت ۲/۴ میلی لیتر در دقیقه بر کیلوگرم و میانگین درصد کاهش $\dot{V}O_{2max}$ در ارتفاع ۴/۸ درصد بود، یعنی به طور میانگین ۱ درصد کاهش به ازای هر ۳۸۰ متر افزایش ارتفاع. بین میزان SAO_2 استراحتی در شهر و میانگین SAO_2 استراحتی در ارتفاع، تفاوت معنی داری مشاهده شد ($t = ۱۱/۹$, $P = ۰/۰۰۰۱$). میانگین این تفاوت ۴/۴ و میانگین درصد کاهش SAO_2 در ارتفاع ۴/۵ درصد بود، یعنی به طور میانگین ۱ درصد کاهش به ازای هر ۴۰۰ متر افزایش در ارتفاع. بین میزان SAO_2 پیش و پس از فعالیت زیربیشینه در شهر، تفاوت معنی داری وجود داشت. ($t = ۴/۲$, $P = ۰/۰۰۲$). درصد کاهش SAO_2 پس از فعالیت، به طور میانگین ۱/۷ درصد بود.

بین میزان SaO_2 پیش و پس از فعالیت زیربیشینه در ارتفاع، تفاوت معنی داری مشاهده شد ($t = 17/127, P = 0/0001$). درصد کاهش SaO_2 پس از فعالیت، به طور میانگین ۴/۲ درصد بود. میانگین SaO_2 دو تن از آزمودنی ها در ارتفاع، به ترتیب برابر ۹۲/۲ و ۹۲ درصد بود، اما میزان SaO_2 این دو نفر هنگام خواب به ۸۸ و ۸۷ درصد رسید. با استناد به پرسشنامه Lake Louise هیچ یک از آزمودنی ها در طول اقامت در ارتفاع، دچار AMS نشدند.

بین میزان $\dot{V}O_{2max}$ در شهر و درصد کاهش SaO_2 پس از فعالیت زیربیشینه در شهر، رابطه مستقیم معنی داری مشاهده شد ($r = 0/651, P = 0/03$).

بین میزان $\dot{V}O_{2max}$ در شهر و درصد کاهش SaO_2 پس از فعالیت زیربیشینه در ارتفاع، رابطه مستقیم معنی داری وجود داشت ($r = 0/654, P = 0/029$).

بین میزان $\dot{V}O_{2max}$ در ارتفاع و درصد کاهش SaO_2 پس از فعالیت زیربیشینه در شهر، رابطه مستقیم معنی داری مشاهده شد ($r = 0/639, P = 0/034$).

بین میزان $\dot{V}O_{2max}$ در ارتفاع و درصد کاهش SaO_2 پس از فعالیت زیربیشینه در ارتفاع، رابطه مستقیم معنی داری وجود داشت ($r = 0/706, P = 0/015$).

بین میزان $\dot{V}O_{2max}$ در شهر و در ارتفاع، رابطه معنی داری مشاهده شد ($P = 0/0001, r = 0/98$).

بحث و نتیجه گیری

بین میزان $\dot{V}O_{2max}$ در شهر و درصد کاهش $\dot{V}O_{2max}$ در ارتفاع، رابطه معنی داری وجود ندارد. این نتیجه با یافته های تحقیقات ماهر و همکاران (۱۹۷۳) و گر و همکاران (۱۹۹۵) همخوانی دارد، اما با نتایج پژوهش های فرتی و همکاران (۱۹۹۷) و فولکو و همکاران (۱۹۹۸) که اظهار کرده اند $\dot{V}O_{2max}$ افراد ورزیده بیش از غیرورزیده ها کاهش می یابد، مغایر است. در نهایت می توان اظهار داشت که بالا بودن میزان $\dot{V}O_{2max}$ ، ملاک کافی برای انتخاب افراد برای صعود به ارتفاعات بلند نیست.

بین میزان $\dot{V}O_{2max}$ در شهر و میانگین SaO_2 استراحتی در ارتفاع، رابطه معنی داری وجود ندارد. پس با بالا بودن میزان $\dot{V}O_{2max}$ افراد در شهر، نمی توان اذعان کرد که SaO_2 استراحتی آنها در ارتفاع بالاتر خواهد بود و در برابر AMS مقاوم ترند.

عوامل ریوی با درصد کاهش $\dot{V}O_{2max}$ در ارتفاع، رابطه معکوس و بجز FEV1، همگی با میانگین SAO_2 استراحتی در ارتفاع، رابطه مستقیم معنی داری دارند؛ یعنی آزمودنی‌هایی که در شهر VC، VC، FVC، FEV1، FEV3، MVV بالاتری داشته‌اند، در ارتفاع دارای میانگین SAO_2 استراحتی بیشتری بوده‌اند و $\dot{V}O_{2max}$ آنها نیز کمتر کاهش یافته است. دلیل این امر می‌تواند بالاتر بودن ظرفیت انتشار ریوی به علت گسترده‌تر بودن سطح غشای تنفسی، کمتر بودن مقاومت راه‌های تنفسی، قوی‌تر بودن عضلات تنفسی و شنت فیزیولوژیک کمتر در این افراد باشد. ضمن اینکه در این تحقیق، دو آزمودنی کوهنورد نسبت به دیگر آزمودنی‌ها، تقریباً حجم‌ها و ظرفیت‌های ریوی بزرگتری داشته‌اند، میانگین SAO_2 استراحتی آنها در ارتفاع، بیشتر (۹۳/۷ در برابر ۹۲/۴ درصد) و $\dot{V}O_{2max}$ آنها، کمتر کاهش یافته است (۲/۴ در برابر ۵/۳ درصد). چن و همکاران (۱۹۹۶) نیز VC، FEV1، MVV بومیان تبتی را بزرگتر از بومیان هانی یافتند، در عین حال بومیان تبتی نسبت به ارتفاع سازگارتر بوده و $\dot{V}O_{2max}$ و SAO_2 استراحتی بالاتری در ارتفاع داشتند. بنابراین پیشنهاد می‌گردد، در انتخاب و اعزام گروه‌های کوهنوردی برای صعود به ارتفاعات بلند و همچنین مسابقات استقامتی که در مناطق مرتفع برگزار می‌شود، جدای از دیگر آزمون‌ها و ملاک‌ها، با انجام یک آزمون اسپرومتری، ورزشکارانی را که دارای حجم‌ها و ظرفیت‌های عملی ریوی بالاتری هستند، انتخاب کرد تا آمادگی دستگاه قلبی - تنفسی آنها در ارتفاع، بالاتر و احتمال بروز AMS در آنها، کمتر باشد.

بین میانگین SAO_2 استراحتی و درصد کاهش $\dot{V}O_{2max}$ در ارتفاع، رابطه معکوس معنی داری وجود دارد؛ یعنی در ارتفاع، $\dot{V}O_{2max}$ افرادی که میانگین SAO_2 استراحتی بالاتری دارند، کمتر کاهش می‌یابد. این امر چنین توجیه می‌گردد که با بالاتر بودن SAO_2 استراحتی در ارتفاع، ظرفیت حمل اکسیژن توسط خون، بیشتر است و چون یکی از عوامل مؤثر بر $\dot{V}O_{2max}$ ، ظرفیت حمل اکسیژن توسط خون است، هر قدر که در ارتفاع، توانایی خون برای حمل اکسیژن از ریه به بافت‌ها بیشتر باشد (SAO_2 بالاتر باشد)، $\dot{V}O_{2max}$ ، کمتر کاهش می‌یابد. شاید در سطح دریا به علت اینکه SAO_2 استراحتی همه افراد مشابه است، کم یا زیاد بودن این عامل، ارتباطی با میزان $\dot{V}O_{2max}$ نداشته باشد. ولی در ارتفاع، سطوح متفاوت SAO_2 استراحتی در افراد مختلف و اثر آن بر $\dot{V}O_{2max}$ ، کاملاً مشهود است.

بین مقادیر SAO_2 استراحتی در ساعات مختلف اقامت در ارتفاع، تفاوت معنی داری وجود دارد و با افزایش مدت زمان اقامت، بر میزان SAO_2 استراحتی افزوده می شود. افزایش SAO_2 استراحتی می تواند دلیلی بر سازگاری بهتر نسبت به ارتفاع باشد که با افزایش زمان حاصل می شود.

بین میزان $\dot{V}O_{2max}$ در شهر و در ارتفاع، تفاوت معنی داری وجود دارد. در ارتفاع، $\dot{V}O_{2max}$ به طور میانگین $4/8$ درصد کاهش می یابد (تقریباً ۱ درصد کاهش به ازای هر ۳۸۰ متر صعود). این مقدار کاهش، تقریباً مشابه با مقادیر ذکر شده در پژوهش های پوش (۱۹۹۴)، باسکرک (۱۹۶۸) و فالکنر (۱۹۶۸) است که کاهش $\dot{V}O_{2max}$ را به ازای هر ۳۰۵ متر صعود به ارتفاعات بالاتر از ۱۵۲۴ متر، $1/5$ تا $3/5$ درصد، گزارش کرده اند (۲۴). اما بمراتب کمتر از مقادیر گزارش شده در تحقیقات گر و همکاران (۱۹۶۸) (۸ درصد کاهش به ازای هر ۱۰۰۰ متر صعود از ۷۰۰ متر تا ۶۳۰۰ متر) (۲۵) است. همچنین با توجه به تحقیق فراتحلیلی فولکو و همکاران (۱۹۹۸)، با صعود از ارتفاع ۱۳۳۰ متر به ارتفاع ۱۵۰۰ متر، تقریباً ۱۰ درصد کاهش در $\dot{V}O_{2max}$ پیش بینی می شود. اما کاهش $\dot{V}O_{2max}$ آزمودنی های تحقیق جاری کمتر از این مقدار است. این تفاوت را می توان چنین توجیه کرد که آزمودنی های این تحقیق در ارتفاعی بالاتر از ۱۰۰۰ متر متولد شده و رشد یافته اند، در نتیجه سازگاری های فیزیولوژیکی بیشتری نسبت به هیپوکسی دارند. اما در اکثر تحقیقات انجام شده، آزمودنی ها ساکن ارتفاع همسطح دریا بوده اند. این موضوع در تحقیق فراتحلیلی فولکو و همکاران (۱۹۹۸) نیز تأیید شده است. در نهایت می توان اظهار داشت که برای انتخاب افراد در گروه های کوهنوردی اعزامی به ارتفاعات بلند و همچنین رقابت های استقامتی که در ارتفاعات انجام می شود، افراد بومی مناطق مرتفع ارجح می باشند.

بین میزان SAO_2 استراحتی در شهر و میانگین SAO_2 استراحتی در ارتفاع، تفاوت معنی داری وجود دارد. SAO_2 در ارتفاع، تقریباً $4/5$ درصد کاهش می یابد (در حدود ۱ درصد کاهش به ازای هر ۴۰۰ متر صعود). علت اصلی این کاهش را می توان کاهش فشار هوا و به تبع آن کاهش فشار سهمی اکسیژن در حبابچه ها دانست که موجب کاهش اشباع هموگلوبین از اکسیژن خواهد شد. بین میزان sAO_2 پیش و پس از فعالیت زیربیشینه، هم در شهر و هم در ارتفاع، تفاوت معنی داری وجود دارد.

از جمله دلایل کاهش SAO_2 پس از فعالیت زیربیشینه، می توان به تهویه ناقص ریوی و کاهش زمان کافی برای تبادلات ریوی به علت جریان خون ریوی افزایش یافته در اثر تمرین، اشاره کرد.

هیچ یک از آزمودنی ها در طول اقامت در ارتفاع دچار AMS نشدند، در حالی که انتظار می رفت چند تن از آزمودنی های تحقیق جاری دچار AMS شده باشند. اما یکی از دلایل مبتلا نشدن آنها به

AMS، ممکن است بومی بودن آزمودنی‌ها باشد که در ارتفاع بالاتر از ۱۰۰۰ متر، متولد شده و رشد یافته‌اند.

بین میزان $\dot{V}O_2max$ در شهر و در ارتفاع، با درصد کاهش SAO_2 پس از فعالیت زیربیشینه در شهر و ارتفاع، رابطه مستقیم معنی‌داری وجود دارد؛ یعنی SAO_2 افرادی که $\dot{V}O_2max$ بالاتری دارند، پس از فعالیت زیربیشینه، بیشتر کاهش می‌یابد. این نتیجه، با نتیجه تحقیقات پاورز و همکاران (۱۹۸۷)، گرو و همکاران (۱۹۹۵) و فرتی و همکاران (۱۹۹۷) همخوانی دارد. دلیل آن نیز می‌تواند جریان خون ریوی بالاتر در ورزشکاران (که $\dot{V}O_2max$ بالاتری دارند) باشد که منجر به محدودیت زمانی در تبادلات گازی حبابچه‌ای - مویرگی می‌گردد و همچنین احتمال دارد به دلیل تفاوت شکل منحنی تجزیه اکسی‌هموگلوبین در ورزشکاران و غیرورزشکاران به هنگام تمرین باشد (ممکن است هنگام فعالیت، منحنی تجزیه اکسی‌هموگلوبین ورزشکاران نسبت به غیرورزشکاران بیشتر به سمت راست متمایل شود و در نتیجه با یک PiO_2 مشابه، SAO_2 کمتری داشته باشند).

منابع و مأخذ

- ۱- ادینگتون دی. دبلیو و ادگرتون وی. آر. "بیولوژی فعالیت بدنی"، ترجمه حجت‌اله نیکبخت، تهران، انتشارات سمت، ۱۳۷۲، ص ۴۸۸-۴۹۰.
- ۲- پاورز اس. کی و هاولی ای. تی. "نظریه و کاربرد فیزیولوژی ورزشی"، جلد اول، ترجمه بختیار ترتیبیان، تهران، انتشارات دانشگاه ارومیه، ۱۳۷۷، ص ۳۹۱-۳۹۴.
- ۳- شیورال. جی. "مبانی فیزیولوژی"، ترجمه قوام‌الدین جلیلی و عباسعلی گائینی، انتشارات اداره کل تربیت بدنی وزارت آموزش و پرورش، ۱۳۶۹.
- ۴- عابدی، رضا. "مقایسه تأثیر ارتفاع (تا ۳۰۰۰ متر) بر برخی از عوامل منتخب قلبی - تنفسی در سه گروه کوهنوردان مبتدی غیرورزشکار، مبتدی ورزشکار، و ورزیده"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، ۱۳۷۶.
- ۵- فاکس اس. ال و ماتیسوس دی. کی. "فیزیولوژی ورزش"، جلد دوم، ترجمه اصغر خالدران، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۲، ص ۶۸۷-۷۰۰.
- ۶- گایتون ای. سی و هال جی. ای. "فیزیولوژی پزشکی"، جلد اول، تجدید نظر نهم، ترجمه فرخ شادان، تهران، انتشارات چهر، ۱۳۷۷، ص ۸۱۵-۸۰۸.

- 7- Austin d. Sleight J. " Prediction of Acute Mountain Sickness". *British Medical Journal*. 10/14/95, Vol 311, Issue 7011, 1993, P. 989.
- 8- Bezruchka S. *High Altitude Medicine* . "Med Clin North Am" 1992, 76 : 1481-97.
- 9- Chen Q H, Ge R L, Wang X Z, Chen H X, Wu T Y, Kobayashi T, Yoshimura K. *Exercise Performance of Tibetan and Han Adolescents at Altitude of 3417 & 4300 m*. *J. Appl. Physiol.*1997, 83(2), 661-667.
- 10- Dubas F, Vallotton J. "Color Atlas of Mountain Medicine Mosby Year Book". 1991.
- 11- Durstine J L, King A C, Painter P L, Roitman J L , Zwiren L D. "ACSM's Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription" (2nd ed). Lea & Febiger. USA. 1993.
- 12- Ferretti G, Moia C, Thomet J M, Kayser B. "The Decrease of Maximal Oxygen Consumption During Hypoxia in Man : A Mirror Image of the Oxygen Equilibrium Curve" . *Journal of Physiology* 1997, 498.1, PP. 231-237.
- 13- Fields K B, Fricker P A. "Medical Problems in Athletes. Blackwell Science". Oxford University Press. 1997.
- 14- Forte J R, Leith D E . Muza S R, Fulco C S, Cymerman A. "Ventilatory Capacities at sea level and high altitude". *Aviat Space Environ Med*. 1997, 68:488-93.
- 15- Fulco C s, Rock P B, Cymerman A. "Maximal and Submaximal Exercise Performance at altitude". *Aviat Space Environ Med*. 1998, 69:793-801.
- 16- Gamponia M J, Babaali H, Yugar F, Gilman R H. "Reference Values for Pulse Oximetry at high altitude". *Arch. Dis. Child*. May 1998, 78(5) ,461-5.
- 17- Gore C J, Hahn A G, Scroop G C, Watson D B, Norton K I, Wood R J, Cambell D P, Emonson D L. *Increased Arterial Desaturation in Trained Cyclist During Maximal Exercise at 580m Altitude*". *J.Appl. Physiol* . 1995, 80(6): 2204 - 2210, 1996.

- 18- Harries M, Williams C, Stanish W D, Micheli L J. "Oxford Textbook of Sports Medicine". Oxford University Press. 1996.
- 19- Harris M D, Terrio J, Miser W F, Yetter J F. "High - Altitude Medicine. American Family Physician. 04/15/98, 1998, Vol 317 Issue 7165 , P 1063.
- 20- Horstman D, Weiskopf R, Jackson R E. (1079). "Work Capacity During 3-wk sojourn at 4300m : Effect of Relative Polycythemia". J.Appl. Physiol.1980, 49(2):311-318.
- 21- Jackson A S, Pollack M L. "Practical assessment of body composition". Phys Sport Med. 1985, 13: 76-90.
- 22- Kayser B, Jean D, Herry J P, Bartsch P. "Pressurization and Acute Mountain Sickness" . Aviat Space Environ Med. Oct 1993, 64(10):928-31.
- 23- Maher J T, Leeroy G J, Hartley L H . "Effect of high Altitude Exposure on Submaximal Capacity of men". J.Appl. Physiol 1974, 37(6) : 895-898.
- 24- Mcardle W D, Katch F L, Katch V L. "Exercise Physiology". Philadelphia / London : Lea & Feibiger. 1991.
- 25- Montgomery A B, Mills J, Luse J M. Incidence of Acute Mountain Sickness at intermedite Altitude". JAMA. 1989. 261 : 732-4.
- 26- Peacock A J. "Oxygen at high Altitude" . British Medical Journal. 10/17/98 1998, Vol . 57 Issue j8, P. 1907.
- 27- Procelli M J, Gugelchuk G M. "A Trek to the top :A Review of Acute Mountain Sickness" . J Am Osteopath Asson. 1995, 95: 718-20.
- 28- Powers S K, Lawler J, Dempsey J A, Dodd S, Landry G. "Effect of Incomplete Pulmonary Gas Exchange on $\dot{V}O_2\max$ ". J. Appl. Physiol 1983, 66(6) :2491-2495.
- 29- Roach R. C, Greene E R, Schoene R B, Hackett P H. "Arterial Oxygen Saturation for Prediction of Acute Mountain Sickness". Aviat Space Environ Med. 1998,

69:1182-5.

30- Roach R C, Eopply J A, Icenogle M V. "Acute Mountain Sickness : Increased Severity During Simulated Altitude Compared with normobaric Hypoxia. *J. Appl. Physiol.* 1996, 81(5):1908-1910.

31- Saito S, Nishihara F. "Exercise - Induced cerebral Deoxygenation Among Untrained Trekkers at Moderate Altitudes". *Archives of Environmental Health.* Jul/Aug 1999, Vol. 54 Issue 4, P 271.

32- Sutton J R, Reeves J T, Groves B M, Wagner P D, Alexander J K, Hultgren H N, Cymerman A, Houston C S. "Oxygen Transport and Cardiovascular Function at extreme Altitude". *Lessons from Operation Everest, Int. J.Sports. Med.* Oct 1992, 13 Suppl 1 : S 13-8.

33- Vargas M. Leon - Velarde F, Monge - c C, Palacios J A, Robbins P A. "Similar Hypoxic Ventilatory response in sea-level Natives and High Altitude Andean Natives at sea-level". *J. Appl. Physiol.* 1998, 84(3) :1024-1029 .

34- West J B, Boyers S J, Graber D J, Hackett P H, Maret K H, Milledge J S, Peters R M, Pizzo C J, Samaja M, Sarnquist F H, Schoene R B, Winslow R M. "Maximal Exercise at Extreme Altitudes on Mount Everest". *J.Appl. Physiol.* 1981, 55(3) :988-989, 1983.

35- Willmore J H, Costill D L. "Physiology of Sport and Exercise". *Human Kinetics : USA.* 1994.

36- Wolfel E E, Groves B M, Brooks G A, Butterfield G E, Mazzeo R S, Moore R S, Sutton J R, Bender P R, Dahms T E, Mccullough R E, Mccullough R G, Huang Sy, Sun S F, Grover R F, Hultgren H N, Reeves J T. "Oxygen Transport During Steady-State Submaximal Exercise in Chronic Hypoxia" . *J. Appl. Physiol.* 1989, 70(3) :1129-1136.