حرکت
شمارهٔ ۸ ــ تابستان ۱۳۸۰
ص ص : ۵۸ ــ ۴۳

عوامل همبسته با کاهش کارایی قلبی ــ تنفسی در ارتفاع

دکتر ناصر بهپور ــ وحید تأدیبی ــ دکتر مجتبی نیازی
عضو هیأت علمی دانشکدهٔ 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 داده‌است. مشخصات بدنی، عوامل ریوی ($VC, FVC, FEV_1, FEV_3, MVV$)، $\dot{V}O_{2max}$، 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، رابطهٔ معنی‌داری نداشتند. رابطهٔ 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 یافتهٔ تحقیق این است که همهٔ عوامل ریوی با درصد کاهش $\dot{V}O_{2max}$ در ارتفاع رابطهٔ معکوس، و بجز FEV_1 همگی با میانگین SaO_2 استراحتی در ارتفاع، رابطهٔ 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[1] گازهای تشکیل دهندهٔ 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 دمی (PiO_2)[2] و فشار سهمی اکسیژن سرخرگی (PaO_2)[3] نیز کاهش می‌یابد. با کاهش (PaO_2)، درصد اشباع اکسیژن سرخرگی (SaO_2)[4] 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)[5]، 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)[1]، 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 ($\dot{V}O_2max$)[2] و درصد اشباع اکسیژن سرخرگی (SaO_2) کاهش می‌یابد. اما عمده‌ترین مشکل ایجاد شده در اثر هیپوکسی، بروز بیماری کوه‌گرفتگی حاد[3] 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"[4] در سال ۱۹۹۸ عنوان نموده است که به نظر نمی‌رسد رابطه‌ای بین HVR و توانایی تحمل ارتفاع وجود داشته باشد. چرا که بعضی از افراد با HVR ضعیف، عملکرد بالایی در ارتفاع داشته‌اند. مانند "پیتر هابلر"[5] که در سال ۱۹۷۸ به همراه "مسنر"[6] اولین صعود به قلهٔ اورست را بدون استفاده از اکسیژن اضافی انجام داد (۲۶). از طرف دیگر، "راچ و همکارانش"[7] 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 رابطهٔ 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 اشخاصی راکه 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[1]، پالس اکسی‌متری[2] (در حالت استراحت و هنگام فعالیت زیر بیشینه) و دیگر آزمون‌های سادهٔ 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 زمینهٔ اثرهای فیزیولوژیکی ارتفاع و کمبود اکسیژن بر بدن انسان حس می‌شود. به جرأت می‌توان گفت که دانش بسیاری از مربیان و ورزشکاران ما دربارهٔ ارتفاع و شرایط ویژهٔ 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 زمینهٔ فیزیولوژی ارتفاع، هنوز پرده از راز بسیاری ناشناخته‌ها برداشته نشده است. بویژه، علل قطعی تفاوت‌های فردی و پاسخ به ارتفاع در پردهٔ ابهام است و چون این پژوهش در پی یافتن ارتباط بین ویژگی‌های فردی و پاسخ‌های ویژهٔ 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 هوازی 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.

1- Spirometry

2- Pulse Oxymetry

روش تحقیق

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

جدول ۱ ـ 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 ۷:۳۰ 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 درجهٔ 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 نقطهٔ سینه، شکم و ران، با استفاده از فرمول بروزک[1])، فشار خون سیستولی و دیاستولی (به وسیلهٔ فشار سنج CERTIFIELD، ساخت ژاپن)، ضربان قلب و میزان SaO_2 استراحتی آزمودنی‌ها (به وسیلهٔ

1- Brozek

پالس‌اکسی متر NOVAMETRIX OXYPLETH، ساخت آمریکا)، توسط محقق و با همکاری کادر پرستاری مرکز ثبت شد. سپس، آزمون‌های حبس نفس، اسپیرومتری (به وسیلهٔ اسپیرومتر دیجیتالی HI-601 MICROSPIRO، مجهز به صفحهٔ نمایش و چاپگر، ساخت ژاپن)، برای اندازه‌گیری عوامل ریوی شامل (MVV[1]، FEV_3[2]، FEV_1[3]، FVC[4]، VC[5])، و پلهٔ کالج کوئینز به فاصلهٔ بیست دقیقه از یکدیگر (برای هر آزمودنی) انجام شد. به این ترتیب، کلیهٔ 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 وسیلهٔ دستگاه پالس اکسی‌متر، اندازه‌گیری شد و علائم بروز احتمالی AMS با استفاده از پرسشنامهٔ Lake Lousie (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 پلهٔ کالج کوئینز (همراه با ثبت SaO_2 حین انجام

1- *Maximum Voluntary Ventilation* (تهویهٔ ارادی بیشنیه : حجم هوای دمی و بازدمی در طول یک دقیقه تهویهٔ 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 سه ثانیه از *FVC*)

3- *Forced Expiratory Volume in 1 Second* (حجم بازدمی با فشار در یک ثانیه : حجم هوای بازدمی در طول 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 درجهٔ سانتی‌گراد انجام شد. شایان ذکر است که در طول اجرای تحقیق در ارتفاع، سطح فعالیت جسمانی، تغذیه و استراحت آزمودنی‌ها مشابه بوده‌است.

یافته‌های تحقیق

میانگین وانحراف استاندارد مهمترین متغیرهای اندازه‌گیری شده در شهر و ارتفاع، در جدول ذیل ذکر شده‌است:

جدول ۲ـ مقادیر به دست آمده از اندازه‌گیری متغیرهای تحقیق

متغیر	میانگین	انحراف استاندارد
$\dot{V}O_2max$ در شهر (میلی‌لیتر در دقیقه بر کیلوگرم)	۵۰/۱۶	۵/۳۵
$\dot{V}O_2max$ در ارتفاع (میلی‌لیتر در دقیقه بر کیلوگرم)	۴۷/۷۶	۵/۱۰
SaO_2استراحتی در شهر (درصد)	۹۷/۰۹	۰/۷۰
SaO_2استراحتی، ۱ ساعت پس از ورود به ارتفاع (درصد)	۹۱/۱۸	۱/۰۸
SaO_2 استراحتی، ۵ ساعت پس از ورود به ارتفاع (درصد)	۹۳/۴۵	۱/۳۷
SaO_2 استراحتی، ۹ ساعت پس از ورود به ارتفاع (درصد)	۹۳/۵۴	۰/۹۳
SaO_2 استراحتی، ۲۱ ساعت پس از ورود به ارتفاع (درصد)	۹۴/۷۳	۰/۴۷
میانگینSaO_2استراحتی در ساعات مختلف‌اقامت درارتفاع(درصد)	۹۲/۶۸	۰/۸۲
زمان حبس نفس در شهر (ثانیه)	۵۰/۹۱	۱۸/۰۹
زمان حبس نفس در ارتفاع (ثانیه)	۴۳/۵۴	۱۶/۳۸
VC (درصد به دست آمده از مقادیر پیش‌بینی شده توسط اسپیرومتر)	۷۸/۴۹	۱۰/۷۲
FVC (درصد به دست آمده از مقادیر پیش‌بینی شده ...)	۷۱/۸۴	۸/۲۴
FEV1 (درصد به دست آمده از مقادیر پیش‌بینی شده ...)	۸۰/۸۷	۷/۴۳
FEV3 (درصد به دست آمده از مقادیر پیش‌بینی شده ...)	۷۲/۷۴	۹/۸۴
MVV (درصد به دست آمده از مقادیر پیش‌بینی شده ...)	۷۹/۸۴	۹/۰۲
FEV1/FVC (درصد به دست آمده از مقادیر پیش‌بینی شده ...)	۱۱۲/۸۰	۶/۸۴
FEV3/FVC (درصد به دست آمده از مقادیر پیش‌بینی شده ...)	۱۰۱/۱۱	۲/۴۵

به منظور بررسی رابطهٔ بین متغیرها، از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شده که نتایج حاصل از رابطهٔ برخی متغیرهای مهم درجدول 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 شده‌است.

جدول ۳ـ ضرایب همبستگی میان متغیرها

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

NS رابطهٔ بی‌معنی

* ($P< ۰/۰۵$)

** ($P< ۰/۰۱$)

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 ۴ـ نتایج تحلیل واریانس یک طرفهٔ مقادیر SaO_2 استراحتی در ساعات مختلف اقامت در ارتفاع

	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی‌داری
بین‌گروه‌ها	۹۵/۴۵۵	۳	۳۱/۸۱۸	۳۰/۸۳۷	۰/۰۰۰
درون‌گروه‌ها	۴۱/۲۷۳	۴۰	۱/۰۳۲		
کل	۱۳۶/۷۲۷	۴۳			

با توجه به نتایج تحلیل واریانس یک طرفه، بین مقادیر SaO_2 استراحتی در ساعات مختلف اقامت در ارتفاع، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. اما تحلیل واریانس، تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها را به صورت کلی نشان می‌دهد. به همین دلیل، برای یافتن تفاوت‌های معنی‌دار SaO_2 استراحتی در ساعات مختلف نسبت به یکدیگر، از آزمون تفاوت معنی‌دار توکی استفاده شده که نتایج آن در جدول ۵ خلاصه شده است.

جدول ۵ـ تفاوت‌های معنی‌دار 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 معنی‌داری مشاهده شد ($t = ۷/۵$، $P = ۰/۰۰۰۱$). میانگین این تفاوت ۲/۴ میلی‌لیتر در دقیقه بر کیلوگرم و میانگین درصد کاهش VO_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 معنی‌داری 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 معنی‌داری وجود داشت. ($P = ۰/۰۰۲$، $t = ۴/۲$). 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 معنی‌داری مشاهده شد ($t = ۱۷/۱۲۷$ ،$P = ۰/۰۰۰۱$). درصد کاهش SaO_2 پس از فعالیت، به طور میانگین ۴/۲ درصد بود.

میانگین SaO_2 دو تن از آزمودنی‌ها 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 پرسشنامهٔ *Lake Louise* هیچ یک از آزمودنی‌ها 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، رابطهٔ مستقیم معنی‌داری مشاهده شد ($P = ۰/۰۳$ ،$r = ۰/۶۵۱$).

بین میزان $\dot{V}O_2max$ در شهر و درصد کاهش SaO_2 پس از فعالیت زیربیشینه در ارتفاع، رابطهٔ مستقیم معنی‌داری وجود داشت ($P = ۰/۰۲۹$ ،$r = ۰/۶۵۴$).

بین میزان $\dot{V}O_2max$ در ارتفاع و درصد کاهش SaO_2 پس از فعالیت زیربیشینه در شهر، رابطهٔ مستقیم معنی‌داری مشاهده شد ($P = ۰/۰۳۴$ ،$r = ۰/۶۳۹$).

بین میزان $\dot{V}O_2max$ در ارتفاع و درصد کاهش SaO_2 پس از فعالیت زیربیشینه در ارتفاع ، رابطهٔ مستقیم معنی‌داری وجود داشت ($P = ۰/۰۱۵$ ،$r = ۰/۷۰۶$).

بین میزان $\dot{V}O_2max$ در شهر و در ارتفاع، رابطهٔ معنی‌داری مشاهده شد ($P = ۰/۰۰۰۱$ ،$r = ۰/۹۸$).

بحث و نتیجه‌گیری

بین میزان $\dot{V}O_2max$ در شهر و درصد کاهش $\dot{V}O_2max$ در ارتفاع، رابطهٔ معنی‌داری وجود ندارد. این نتیجه با یافته‌های تحقیقات ماهر و همکاران (۱۹۷۳) و گُر و همکاران (۱۹۹۵) همخوانی دارد، اما با نتایج پژوهش‌های فرتی و همکاران (۱۹۹۷) و فولکو و همکاران (۱۹۹۸) که اظهار کرده‌اند $\dot{V}O_2max$ افراد ورزیده بیش از غیرورزیده‌ها کاهش می‌یابد، مغایر است. در نهایت می‌توان 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، رابطهٔ معنی‌داری وجود ندارد. پس با بالا بودن میزان $\dot{V}O_2max$ افراد در شهر، نمی‌توان اذعان کرد که SaO_2 استراحتی آنها در ارتفاع بالاتر خواهد بود و در برابر *AMS* مقاوم‌ترند.

عوامل ریوی با درصد کاهش $\dot{V}O_2max$ در ارتفاع، رابطهٔ معکوس و بجز $FEV1$، همگی با میانگین SaO_2 استراحتی در ارتفاع، رابطهٔ مستقیم معنی‌داری دارند؛ یعنی آزمودنی‌هایی که در شهر 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[۱] 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 MVV, $FEV1$, VC 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 اسپیرومتری، ورزشکارانی را که دارای حجم‌ها و ظرفیت‌های عملیِ 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، رابطهٔ معکوس معنی‌داری 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 همهٔ 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.

۱- مقدار خونی که در یک دقیقه از مویرگ‌های ریوی می‌گذرد و اکسیژنه نمی‌شود (*Physiological Shunt*)

بین مقادیر SaO_2 استراحتی در ساعات مختلف اقامت در ارتفاع، تفاوت معنی‌داری وجود دارد و با افزایش مدت زمان اقامت، بر میزان SaO_2 استراحتی افزوده می‌شود. افزایش SaO_2 استراحتی می‌تواند دلیلی بر سازگاری بهتر نسبت به ارتفاع باشد که با افزایش زمان حاصل می‌شود.

بین میزان $\dot{V}O_2max$ در شهر و در ارتفاع، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. در ارتفاع، $\dot{V}O_2max$ به طور میانگین ۴/۸ درصد کاهش می‌یابد (تقریباً ۱ درصد کاهش به ازای هر ۳۸۰ متر صعود). این مقدار کاهش، تقریباً مشابه با مقادیر ذکر شده در پژوهش‌های 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، ۱/۵ تا ۳/۵ درصد، گزارش کرده‌اند (۲۴). اما بمراتب کمتر از مقادیر گزارش شده در تحقیقات گُر 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 $\dot{V}O_2max$ پیش‌بینی می‌شود. اما کاهش $\dot{V}O_2max$ آزمودنی‌های تحقیق جاری کمتر از این مقدار است. این تفاوت را می‌توان چنین توجیه کرد که آزمودنی‌های این تحقیق در ارتفاعی بالاتر از ۱۰۰۰ متر متولد شده و رشد یافته‌اند، در نتیجه سازگاری‌های فیزیولوژیکی بیشتری نسبت به هیپوکسی دارند. اما در اکثر تحقیقات انجام شده، آزمودنی‌ها ساکن ارتفاع همسطح دریا بوده‌اند. این موضوع در تحقیق فراتحلیلی فولکو و همکاران (۱۹۹۸) نیز تأیید شده است. در نهایت می‌توان اظهار داشت که برای انتخاب افراد در گروه‌های کوهنوردی اعزامی به ارتفاعات بلند و همچنین رقابت‌های استقامتی که در ارتفاعات انجام می‌شود، افراد بومی مناطق مرتفع ارجح می‌باشند.

بین میزان SaO_2 استراحتی در شهر و میانگین SaO_2 استراحتی در ارتفاع، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. SaO_2 در ارتفاع، تقریباً ۴/۵ درصد کاهش می‌یابد (در حدود ۱ درصد کاهش به ازای هر ۴۰۰ متر صعود). علت اصلی این کاهش را می‌توان کاهش فشار هوا و به تبع آن کاهش فشار سهمی اکسیژن در حبابچه‌ها 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 معنی‌داری وجود دارد.

از جمله دلایل کاهش SaO_2 پس از فعالیت زیر بیشینه، می‌توان به تهویهٔ ناقص ریوی و کاهش زمان کافی برای تبادلات ریوی به علت جریان خون ریوی افزایش یافته در اثر تمرین، اشاره کرد.

هیچ یک از آزمودنی‌ها در طول اقامت در ارتفاع دچار AMS نشدند، در حالی که انتظار می‌رفت چند تن از آزمودنی‌های تحقیق جاری دچار AMS شده‌باشند. 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، رابطهٔ 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 نتیجهٔ تحقیقات پاورز و همکاران (۱۹۸۷)، گُر 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 تجزیهٔ اکسی‌هموگلوبین در ورزشکاران و غیرورزشکاران به هنگام تمرین باشد (ممکن است هنگام فعالیت، منحنی تجزیهٔ 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

۱ـ ادینگتون دی. دبلیو و ادگرتون وی. آر. "بیولوژی فعالیت بدنی"، ترجمهٔ حجت‌اله نیکبخت، تهران، انتشارات سمت، ۱۳۷۲، ص ۴۸۸-۴۹۰.

۲ـ پاورز اس. کی و هاولی ای. تی. "نظریه و کاربرد فیزیولوژی ورزشی"، جلد اول، ترجمهٔ بختیار ترتیبیان، تهران، انتشارات دانشگاه ارومیه، ۱۳۷۷، ص ۳۹۱-۳۹۴.

۳ـ شیور ال. جی. "مبانی فیزیولوژی"، ترجمهٔ قوام الدین جلیلی و عباسعلی گائینی، انتشارات ادارهٔ کل تربیت‌بدنی وزارت آموزش و پرورش، ۱۳۶۹.

۴ـ عابدی، رضا. "مقایسهٔ تأثیر ارتفاع (تا ۳۰۰۰ متر) بر برخی از عوامل منتخب قلبی - تنفسی در سه گروه کوهنوردان مبتدی غیرورزشکار، مبتدی ورزشکار، و ورزیده"، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، ۱۳۷۶.

۵ـ فاکس اس. ال و ماتیوس دی. کی. "فیزیولوژی ورزش"، جلد دوم، ترجمهٔ اصغر خالدان، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۲، ص ۶۸۷-۷۰۰.

۶ـ گایتون ای. سی و هال جی. ای. "فیزیولوژی پزشکی"، جلد اول، تجدید نظر نهم، ترجمهٔ فرخ شادان، تهران، انتشارات چهر، ۱۳۷۷، ص ۸۱۵-۸۰۸.

7- Austin d. Sleigh 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 Attlas 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 Resourse Manual for Guidenlines for Exercise Testing and Prescription" (2nd ed). Lea & Feibiger. 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 Phisician. 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 $\dot{V}O_2max$". 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, Eoppky 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 Amoung Untrained Trekkers at Moderate Altitudes". Arshives 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". Iessons 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. "Phisiology 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.