پژوهش در علوم ورزشی
شمارهٔ اول - ص ص : ۱۳۹ - ۱۲۳

بررسی اثر هیپوکسی ناشی از ارتفاع روی متغیرهای قلبی - عروقی، ظرفیت عملی و متغیرهای خونی کوهنوردان آماتور

محمدرضا اسماعیل‌زاده طلوعی - دکتر فرزاد ناظم - دکتر ابوالفضل هاشمی - دکتر بهروز شیشه‌بیان

عضو هیأت علمی دانشگاه غیرانتفاعی شمال آمل - استادیار دانشگاه بوعلی‌سینا همدان

استادیار دانشگاه علوم پزشکی بابل - استادیار دانشگاه علوم پزشکی همدان

چکیده

گروه زیادی از افراد به‌صورت‌های تفریحی، آماتور یا حرفه‌ای به ورزش مفرح کوهنوردی و صعود از ارتفاعات اقدام می‌کنند. این شیوه فعالیت بدنی تحت شرایط خاص اقلیمی وکاهش فشار سهمی اکسیژن در ارتفاع به پاسخ‌های هماتولوژیک و قلبی - عروقی ویژه می‌انجامد. درکشور ما معمولاً صعود به ارتفاع کمتر از ۴۸ ساعت رخ می‌دهد. در این پژوهش واکنش عوامل خونی TIBC, MCHC,RDW,Hb, HCT, RBC و ظرفیت عملی کوهنوردان با دامنه ۲۷ تا ۴۴ سال در ۳۰ ساعت نخست صعود به ارتفاع ۴۱۵۰ متری دماوند با رطوبت ۳۰ درصدی و دمای ۳۰ درجه سانتیگراد ریکاوری در سطح دریا (ارتفاع ۷۶ متر) بررسی گردید. از میان متغیرهای هماتولوژیک RDW و آهن سرم در مرحله صعود افزایش معنی‌داری بدست آمد ($P<0/001$) در حالی که آهن سرم در مرحله بازگشت کاهش پیدا کرد ($P<0/05$)، ظرفیت عملی در ارتفاع کاهش یافته و در مرحله ریکاوری دوباره افزایش یافت. RDW و MCHC با HRR و HRmax ارتفاع ارتباط معنی‌داری مشاهده گردید. عوامل RDW و آهن سرم در اقامت کوتاه مدت ، نشانگرهای حساس‌تری در پاسخ سازگار شونده در محیط مرتفع به‌شمار می‌آیند.

واژه‌های کلیدی

ارتفاع، عوامل هماتولوژیک، ظرفیت عملی .

مقدمه

شمار زیادی از مردم هر ساله با انگیزه‌های متفاوتی به ورزش مفرح کوهنوردی می‌پردازند. در این میان، گروهی به‌صورت آماتور یا حرفه‌ای در قالب تیم‌های مشخص، به صعود از ارتفاعات بلند اقدام می‌کنند که جنبهٔ ورزشی آن از دیگر ویژگی‌ها بیشتر جلوه می‌کند. این فعالیت با شرایط خاص خود، با دیگر ورزش‌ها متفاوت است که آن را از دیگر رشته‌های ورزشی متمایز می‌سازد. اساسی‌ترین ویژگی هنگام صعود به ارتفاع، تغییر فشار جوّ است، به‌طوری که با افزایش ارتفاع، از تراکم اکسیژن محیط کاسته می‌شود. این کاهش فشار سهمی اکسیژن، شرایط هیپوکسی ویژهٔ ارتفاع را در بدن به‌وجود می‌آورد و سبب بروز پاسخ‌های فیزیولوژیک هیپوکسی در بدن می‌شود. این واکنش‌ها ممکن است به‌صورت تغییر در عوامل هماتولوژی مانند هموگلوبین، هماتوکریت، حجم پلاسما، آهن سرم و آنزیم‌ها باشد که در بدن کوهنوردان رخ می‌دهد. این تحولات همراه با تغییرات الگوی تنفسی، ضربان قلب، فشار خون و ظرفیت عملی (VO_2max) می‌تواند عملکرد کوهنوردان را تقلیل دهد یا حتی سبب بروز برخی از بیماری‌های کوه‌گرفتگی شود. این تغییرات فیزیولوژیکی با عوامل مختلف همچون مدت اقامت افراد در ارتفاع مشخص، اندازهٔ ارتفاع و مدت صعود، ارتفاع محل سکونت دائمی کوهنوردان و ... تغییر می‌کند که در این مورد گزارش‌های پژوهشی متفاوتی بر حسب خصوصیات یادشده ارائه شده‌است (جدول‌های ۱و۲). با ویژگیهای یاد شده در مورد این رشته، امروزه با گسترش ورزش کوهنوردی، صعود گروه‌های مختلف به ارتفاعات بلند در کشور ما بسیار متداول شده‌است. به‌طوری که حداقل چند برنامهٔ صعود به ارتفاع بالاتر از ۴۰۰۰ متر در تقویم سالانهٔ اکثر گروه‌های کوهنوردی گنجانده شده‌است. اغلب این صعودها با توجه به مسائلی همچون هزینه و محدودیت فراغت زمانی برای افراد در کمتر از ۴۸ ساعت انجام

می‌شود و به‌نظر می‌رسد سطح سازگاری فیزیولوژی این دسته از کوهنوردان در زمان کوتاه اندک باشد. از طرف دیگر، صعود به بلندترین قلهٔ ایران (دماوند) در برنامهٔ اغلب گروه‌ها بویژه در فصل تابستان قرار دارد، به همین دلیل یکی از پرترددترین قله‌های کشور در این ایام سال به‌شمار می‌آید که کوهنوردهای داخلی و خارجی اقدام به صعود می‌کنند. بدین ترتیب با توجه به شرایط آب و هوای قله در این منطقه و با تأکید بر پیامدهای فیزیولوژیک هماتولوژیکی کوهنوردان قابل تأمل است. بدین ترتیب در شیوهٔ صعود گروه‌های کوهنوردی در یک محدودهٔ زمانی کوتاه، ضرورت داد تا برخی از تغییرات عمدهٔ هماتولوژیکی و ظرفیت عملی که در این فاصله در بدن کوهنوردان رخ می‌دهد، بررسی شود.

در این تحقیق تغییرات عوامل منتخب هماتولوژیک و ظرفیت عملی در ۲۴ ساعت نخست صعود به ارتفاع ۴۱۵۰ متری قلهٔ دماوند و ۳۰ ساعت پس از برگشت از ارتفاع به سطح دریا، در یک گروه کوهنورد آماتور در مسیر پناهگاه آخر جبههٔ جنوبی دماوند مورد بررسی قرار گرفت.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۱ـ چکیدهٔ تحقیقات در مورد اثر اندازه و مدت اقامت در ارتفاع بر حداکثر اکسیژن مصرفی افراد انسانی

روش اندازه‌گیری VO_2max	آزمودنی‌ها	ارتفاع ومدت‌اقامت	اثر	پژوهشگران	منبع
غیر مستقیم ارگومتر	۸ مرد سالم	صعود تدریجی تا ارتفاع ۸۰۰ متر برای ۳۱ روز	کاهش ۵۹٪ ظرفیت عملی در ارتفاع ۷۰۰۰ متر	ربچالت و همکارانش (۱۹۹۹)	۲۲
غیرمستقیم ۱۲ دقیقه دویدن	۸ مرد دونده	در ارتفاع ۴۳۰۰ و ۵۲۰۰ متری یک هفته	کاهش معنی‌دار ($P<0/001$)	روی. جی سی و همکارانش (۱۹۹۹)	۲۴
غیرمستقیم ارگومتر	۸مردورزشکار	بعد از ۹ روز اقامت در ارتفاع ۴۰۰۰ متری	کاهش معنی‌دار	جوری و همکارانش (۱۹۹۸)	۱۰
مستقیم ارگومتر الکترونیکی	۱۳۸ مرد سالم	۲۲۴۰ متر برای چند روز	کاهش معنی‌دار	پادیلا و همکارانش (۱۹۹۸)	۱۹
مستقیم	۳۶ مرد سالم	۵۳۵۰ متری برای ۴ هفته	کاهش معنی‌دار	سرتلی و همکارانش (۱۹۷۶)	۶

جدول ۲ـ خلاصهٔ تحقیقات در مورد سازگاری هماتولوژی افراد در ارتفاعات مختلف

متغیر	آزمودنی‌ها	ارتفاع ومدت‌اقامت	اثر فیزیولوژیک	پژوهشگر	منبع
هماتوکریت و اریتروپویتین	۱۰ مرد شامل کوهنورد و ۶ دانشمند	۴۵۰۰ متری برای ۸ هفته	افزایش معنی‌دار ($P<0/01$)	میلدج و کوتس (۱۹۸۴)	۱۸
هماتوکریت و رتیکولوسیت	۷ مرد سالم	۴۵۳۰ متر برای ۷ روز	افزایش اندک در هماتوکریت و افزایش معنی‌دار در رتیکولوسیت	فائورا و همکارانش (۱۹۶۹)	۱۲
هموگلوبین و هماتوکریت	۲۳ مرد کوهنورد	۸۸۴۸ متری برای ۴ ماه	افزایش معنی‌دار در هر دو متغیر	سر تلی (۱۹۷۶)	۶
حجم سلول قرمز، هموگلوبین و حجم پلاسما	۸ مرد کوهنورد و ۱۲ مرد سالم	۵۸۰۰ متری برای ۹ تا ۱۴ هفته	افزایش معنی‌دار در حجم سلول قرمز و هموگلوبین کاهش معنی‌دار در حجم پلاسما	پیوک و همکارانش (۱۹۶۴)	۲۱
هماتوکریت، RBC، هموگلوبین و MCHC	تعداد کوهنوردان سالم	صعود تدریجی تا ارتفاع ۸۸۴۸ متری اورست در مدت ۶ ماه	افزاش معنی‌دار در تمام متغیرها	روبرت و همکارانش (۱۹۸۴)	۱۲
هموگلوبین و حجم پلاسما	۱۰ مرد سالم	۴۳۵۰ متری برای ۲۴ ساعت	تغییر اندک در هموگلوبین و کاهش معنی‌دار حجم پلاسما	پولس و همکارانش (۱۹۹۷)	۲۰

روش تحقیق

برای اجرای این طرح تحقیق، گروه‌های آزمایشی با دعوت و گواه به صورت تصادفی تعیین شدند. متغیر مستقل (افزایش ارتفاع) دستکاری شد و تأثیر آن بر متغیرهای وابسته (عوامل منتخب هماتولوژی و ظرفیت عملی) مورد مطالعه قرار گرفت. گروه تجربی، شامل ۱۶ مرد کوهنورد آماتور گروه شهریار آمل بود که به صورت داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند. میانگین سنی و وزن گروه تجربی به ترتیب ۶/۷ ± ۳۶/۵ سال و ۹/۶ ± ۸۰/۲ کیلوگرم بوده‌است. گروه گواه ۱۵ شهروند آملی غیرورزشکار و سالم با میانگینی سن و وزن ۶/۲ ± ۳۷/۴ سال و ۱۰/۴ ± ۷۷/۸ کیلوگرم بودند. دو روز پیش از صعود، از هر دو گروه نمونه‌گیری خون به عمل آمد و ظرفیت عملی آنان با اجرای آزمون پلکان کانادایی تخمین زده شد. همچنین فشار خون، ضربان قلب کار و استراحت کنترل ثبت شد. ۴۸ ساعت پس از انجام مرحلهٔ پیش‌آزمون، کوهنوردان ساعت ۱۰ شب (روز قبل از صعود) جهت اعزام به قلهٔ دماوند آماده شدند و از شهرستان آمل (۷۶ متر بلندتر از سطح دریای آزاد) به طرف بخش رینه و سپس تا پناهگاه مسجد که به مدت ۲/۵ ساعت طول می‌کشید، با خودرو اعزام شدند. یک شب را در این ارتفاع (۲۹۰۰ متر) اقامت کردند. روز بعد در ساعت ۷ صبح آمادهٔ صعود شدند. هنگام صبح و قبل از حرکت، ضربان قلب و فشار خون رطوبت و دمای محیط کنترل گردید. سپس گروه تجربی در ساعت ۷/۵ صبح از جبههٔ جنوبی قلهٔ دماوند شروع به حرکت کردند. پس از گذشت حدود ۱/۵ ساعت پیشروی، در ارتفاع ۳۳۰۰ متری (۴۰۰ متر صعود از محل پناهگاه اول)، نخستین مرحلهٔ استراحت انجام گرفت و بلافاصله پس از توقف، در حال ایستاده تعداد ضربان نبض برای ۱۵ ثانیه تعیین شد. سپس ۱۰ دقیقه آزمودنی‌ها استراحت کردند و همزمان رطوبت و دمای محیط در این ارتفاع ثبت شد و همچنین شیب مسیر حرکت محاسبه گردید (متوسط شیب ۲۷ درجه). همزمان در استراحت فشار خون و ضربان قلب آزمودنی‌ها کنترل و یادداشت شد. سپس گروه دوباره به صعود خود ادامه داد. در این مرحله گروه ۱/۵ ساعت به صعود ادامه داد و در ارتفاع ۳۷۰۰ متری دومین مرحلهٔ استراحت انجام شد و متغیرهای مرحلهٔ اول استراحت

دوباره اندازه‌گیری شدند. سرانجام در آخرین مرحلهٔ صعود که حدود ۲/۵ ساعت به درازا کشید، توان بدنی افراد گروه اندکی تحلیل رفته و حرکت در طول این مسیر بسیار کُند انجام می‌گرفت. به‌طوری که آثار ارتفاع در وضعیت بدنی آنان کاملاً مشهود بود. در نهایت آزمودنی‌ها حدود ساعت ۲ بعدازظهر به پناهگاه آخر به ارتفاع ۴۱۵۰ متری رسیدند و به استراحت پرداختند. در این شرایط محیطی، ۸ نفر از آزمودنی‌ها دچار عوارض کوه‌گرفتگی حاد شدند. پس از استراحت در ساعت ۶ عصر با خُوگرفتن افراد به محیط جدید، آزمون پلهٔ کانادایی انجام گردید. سپس در شب دوم استراحت در ارتفاع نهایی همهٔ افراد به استراحت پرداختند و اوایل صبح روز بعد از آزمودنی‌ها در چادر خونگیری به‌عمل آمد. افراد ساعت ۱۰ صبح جهت برگشت به دامنهٔ کوه آماده شدند و پس از برگشت به شهرستان آمل، صبح دو روز بعد، یعنی درست ۳۰ ساعت بعد از برگشت از قله، از گروه تجربی در ساعت ۶ صبح به صورت ناشتا خونگیری به‌عمل آمد و سپس آزمون هوایی کانادایی تکرار شد. برای آزمون فرضیه‌ها از آمار استنباطی آنالیز واریانس (MANOVA & one-w-ANOVA) و آزمون آنالیز پیگیری Post Hoc (LSD) و آنالیز رگرسیون چندگانه استفاده شد.

نتایج و یافته‌های تحقیق

۱ـ با استفاده از آزمون هتکینگ در مجموع متغیرهای خونی سه مرحله آزمایش، تغییرات معناداری مشاهده شد (Hotelling Value = ۴/۴۳، f = ۶/۰۹، P<۰/۰۰۱)، اما در بین عوامل منتخب هماتولوژیکی، RDW در مرحلهٔ صعود به ارتفاع افزایش نشان داد (P<۰/۰۰۱) و آهن سرم نیز در ارتفاع ۴۱۵۰ متر افزایش معنی‌داری داشت (نمودارهای ۱و۲). اگر چه در مقادیر RBC,HCT,Hb,MCV, MCH, TIBC اندکی افزایش و MCHc اندکی کاهش مشاهده شد، ولی از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. همچنین در این گروه در مرحلهٔ برگشت نسبت به ارتفاع، مقادیر آهن سرم کاهش معناداری نشان داد (P<۰/۰۵) و در مقادیر RBC,HCT,Hb,MCV, MCH, TIBC اندکی کاهش در مقدار MCHc انداکی افزایش

مشاهده شد($P>۰/۰۵$).

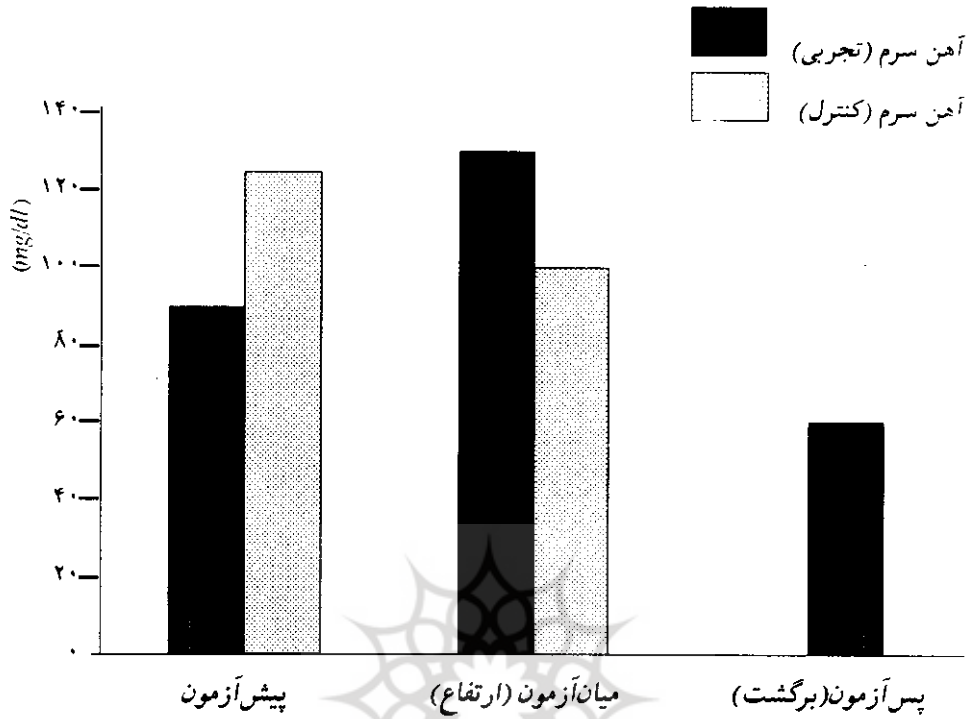
۲ـ ظرفیت عملی کوهنوردان (VO_2max) با صعود به ارتفاع دماوند کاهش معنی‌داری را نشان داد ($P<۰/۰۵$) و پس از برگشت افراد از ارتفاع دوباره در آن افزایش معنی‌داری پدید آمد ($P<۰/۰۵$). همچنین بین ظرفیت عملی در مرحلهٔ سطح دریا و ارتفاع ۴۱۵۰ متری ارتباط مثبت و معنی‌داری به‌دست آمد (نمودارهای ۳).

متغیر وابسته (Y)	R	R^2	$R^2Adjust$	SE	P.Value	معادلهٔ رگرسیون
ظرفیت‌عملی‌ارتفاع	۰/۹۰	۰/۸۱	۰/۷۹	۱/۷۷	۰/۰۰	$Y=۱/۱۴۵(VO_2max)-۸/۵۹$

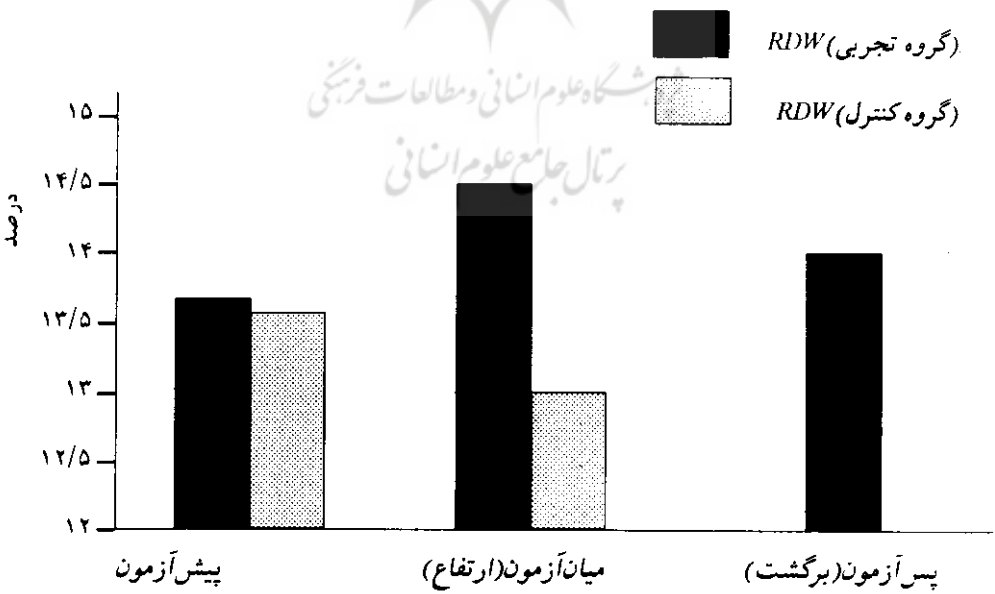
۳ـ تواتر ضربان قلب استراحت و ورزش استاندارد و همچنین فشار خون سیستولی در چهار مرحله با صعود به ارتفاع، به‌طور فزاینده افزایش چشمگیری نشان داد($P<۰/۰۵$).

۴ـ بین نسبت ضربان قلب آزمون پلکان در ارتفاع و برگشت با عوامل مستقل RDW و MCV در ارتفاع ارتباط معکوس و معناداری مشاهده شد ($P<۰/۰۰۲$). همچنین بین حداکثر ضربان آزمون پلکان کانادایی در ارتفاع با MCHC ارتباط معنی‌داری وجود دارد ($P<۰/۰۰۶$).

بین حداکثر ضربان قلب پلکان کانادایی در مرحلهٔ برگشت با RDW ارتفاع، ارتباط مثبت و با MCHC ارتفاع، ارتباط معکوس و معنی‌داری مشاهده شد ($P<۰/۰۰۴$) "$Y= ۱۳/۶۶ (RDW_2) - ۷/۵۴ (MCHC_2) + ۱۱۰/۶$"، همچنین بین ضربان قلب در مرحلهٔ بازگشت با RDW ارتفاع نیز ارتباط مثبت و معنی‌داری به چشم می‌خورد ($P<۰/۱۱$). از طرفی، بین تفاوت برآوردهٔ ظرفیت عملی پیش‌آزمون از مرحلهٔ برگشت با مقادیر RDW ارتفاع ارتباط مستقیم، ولی با RBC پیش‌آزمون ارتباط معکوس و معنی‌داری دیده می‌شد.

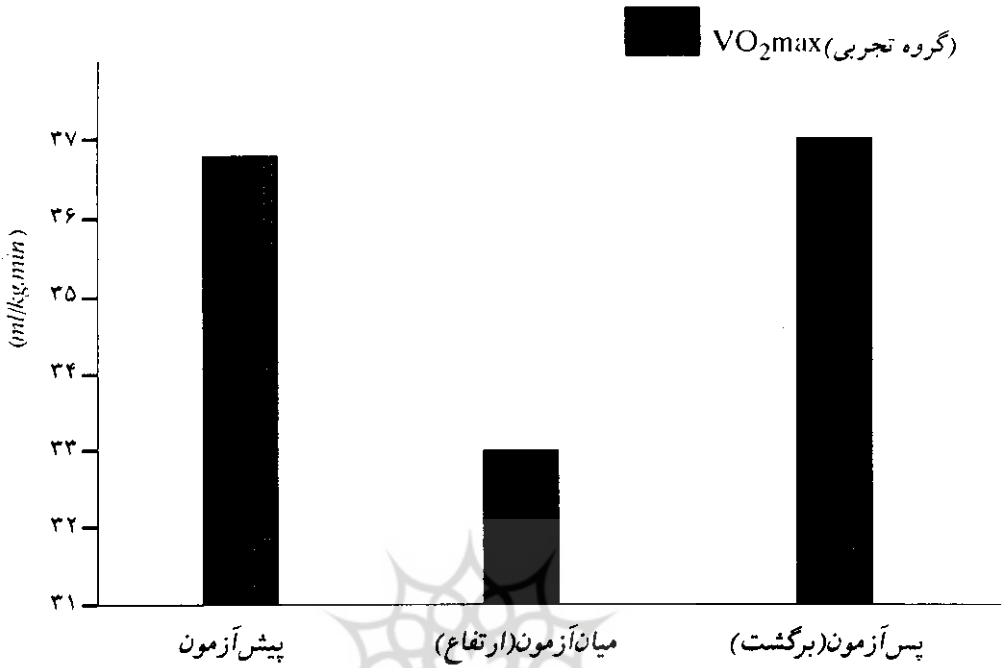


نمودار ۱ـ تغییرات آهن سرم در مراحل پیش‌آزمون، ارتفاع و برگشت



نمودار ۲ـ تغییرات RDW در مراحل پیش‌آزمون، ارتفاع و برگشت

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



نمودار ۳ـ تغییرات ظرفیت هوازی مراحل پیش‌آزمون، ارتفاع و برگشت

بحث و نتیجه‌گیری

عوامل منتخب هماتولوژیک

نتایج به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که از بین متغیرهای خونی، پاسخ آهن سرم و RDW بیشترین حساسیت را به شرایط هیپوکسی ناشی از ارتفاع ۴۱۵۰ متری در مدت ۲۴ ساعت اقامت داشته‌اند. افزایش آهن سرم در ارتفاع می‌تواند احتمالاً به‌علت افزایش غلظت خون (Hemoconcentration) باشد که آن هم در نتیجهٔ کاهش حجم پلاسما، رخ می‌دهد، زیرا مقدار هماتوکریت از ۴۵/۵ به ۴۸/۴ درصد افزایش یافته بود و این افزایش ممکن است به علت بروز پدیدهٔ سازگاری زودگذر پرتهویه‌ای و ایجاد آلکالوز تنفسی، افزایش PH، تعریق و دفع بی‌کربنات از خون باشد (۱۳،۲،۲۵ و ۵). باگذشت زمان از حضور در ارتفاع تا مرحلهٔ برگشت به سطح دریا، مقدار آهن سرم به‌شدت کاهش یافت و حتی کمتر از مرحلهٔ پیش آزمون بود. الگوی این تغییرات در تحقیقات دیگر هم گزارش شده‌است (۱۲ و ۱۶).

کاهش آهن سرم می‌تواند ناشی از دو مکانیزم باشد : شرایط هیپوکسی ناشی از ارتفاع سبب افزایش سطح اریتروپویتین خون شده (۸) و در نتیجه فرایند اریتروپوسیس در مغز استخوان همچنان فعال باقی می‌ماند. بدین ترتیب نیاز به آهن برای ساخت هموگلوبین افزایش می‌یابد (۱). بروز این تغییرات، مقدار جذب آهن سرم را مضاعف می‌کند و در نتیجه غلظت آهن سرم کاهش می‌یابد، از طرف دیگر، هماتوکریت هنگام برگشت از ارتفاع به سطح اولیه (از ۴۸/۴ به ۴۴/۹ درصد) برمی‌گردد (P= ۰/۰۵۲). مجموع این تغییرات، به کاهش غلظت آهن سرم می‌انجامد. در بعضی مطالعات، آهن سرم در همان ۳۰ ساعت نخست اقامت بتدریج کاهش یافته با این تفاوت که گروه تحقیق توسط گردبال به ارتفاع انتقال یافته و صعود تدریجی با راهپیمایی همراه نبوده است (۱۲).

تغییرات RDW در ارتفاع می‌تواند به‌عنوان شاخص جدید هماتولوژیک مورد بررسی قرار گیرد، زیرا به‌نظر می‌رسد که در تحقیقات از سال‌های ۱۹۶۴ تا ۲۰۰۱ از این شاخص خونی ذکری به‌میان نیامده است و از آن شاید بتوان به‌عنوان یک عامل حساس در برابر تغییرات هیپوکسی ناشی از ارتفاع نام برد. علت عمدهٔ تغییر RDW در ارتفاع با شرایط هیپوکسی، ممکن است ناشی از ورود رتیکولوسیت‌ها به جریان خون باشد، زیرا علی‌رغم اقامت ۲۴ ساعت در شرایط هیپوکسی ناشی از ارتفاع ۴۱۵۰ متری، تحریک شتاب‌آور فرایند اریتروپوسیس به‌علت افزایش سطح اریتروپویتین به‌چشم می‌خورد که این امر سبب ورود دیاپدسیس سریع‌تر رتیکولوسیت‌ها به مویرگ‌های خونی می‌شود. رتیکولوسیت‌ها به‌سبب باقی ماندن بعضی از مواد بازوفیلی مانند بقایای دستگاه گلژی، میتوکندری و چند اندامک سیتوپلاسمی، اندکی بزرگتر از گلبول قرمز خون هستند که البته در ۲۴ تا ۴۸ ساعت آینده این اجسام از بین می‌روند (۱)، که سبب افزایش اختلاف اندازهٔ گلبول‌های بالغ و نابالغ می‌شود و در نتیجه RDW با ضریب اختلاف اندازهٔ میکروسیتی گلبول‌ها، افزایش معنی‌داری پیدا می‌کند. در تحقیقات مختلف، افزایش رتیکولوسیت‌ها در ۴۸ ساعت اول ورود به ارتفاع گزارش شده‌است (۱۲، ۲۶ و ۱۸).

در میان سایر متغیرهای خونی، RBC ، HCT و Hb با صعود به ارتفاع، اندکی افزایش، ولی بعد از برگشت از ارتفاع دوباره مقداری کاهش یافته‌اند. این وضعیت برای MCV، MCHC و MCH که در حقیقت ضرایبی از سه متغیر اصلی یاد شده است نیز مشاهده شده‌است. این امکان وجود دارد که مهمترین علت عدم تغییر بارز در متغیرهای فوق که به‌عنوان عوامل اصلی در ارزیابی سازگاری به ارتفاع به‌شمار می‌رود، اقامت کوتاه مدت (۲۴ ساعت) در ارتفاع بوده باشد. در این مدت زمان، با وجود فشار ناشی از هیپوکسی محیط، تغییرات عوامل خونی، زیاد نیست. اگر چه با استناد به یافته‌های دیگر پژوهش‌های ملاحظه شده، می‌توان گفت که سطح اریتروپویتین خون افزایش داشته (۱، ۱۵، ۱۷ و ۲۱) و نشانه‌های آن در افزایش رتیکولوسیت (۱۲) یا تغییر چشمگیری RDW قابل مشاهده است. با وجود این، حداقل زمان ظهور گویچهٔ قرمز جدید در خون، چهار الی پنج روز است.

افزایش اریتروپویتین خون در شرایط هیپوکسی موجب تحریک تولید پرواریتروبلاست‌ها از سلول‌های مادر خونساز شده و روند عبور سلول جدید را از اریتروپلاستیک تسریع می‌کند (۱). در تحقیقات گوناگون نتایج مشابه با تحقیق حاضر گزارش شده است (۷، ۸، ۱۲ و ۲۱). در بعضی تحقیقات، افزایش معنی‌دار هماتوکریت در ۲ الی ۳ روز نخست اقامت در ارتفاع گزارش شده (۸ و ۲۳)، اما در تحقیق حاضر علی‌رغم افزایش درصد هماتوکریت، تغییر معنی‌داری مشاهده نشده است.

به استناد همین مقدار تغییر در عوامل HCT، RBC و Hb شاید بتوان گفت که ۲۴ تا ۴۸ ساعت حضور در ارتفاع که منجر به بروز سازگاری هموتولوژیک در ارتفاع ۴۱۵۰ متری شود، در کوهنوردان ایجاد نکرد این سازش محیطی به سازگاری کارکرد قلب و عروق گرایش داشته است.

ظرفیت عملی VO2max

نتایج تحقیق در مورد شاخص کارایی دستگاه قلب و عروق کوهنوردان در ارتفاع، کاهش معنی‌داری را نسبت به مرحلهٔ پیش‌آزمون نشان داد که با دیگر پژوهش‌های انجام شده همسویی

دارد (۶، ۱۴، ۲۲ و ۲۴). همچنین بین ظرفیت عملی کوهنوردان در مراحل پیش‌آزمون و ارتفاع ۴۱۵۰ متری ارتباط معنی‌داری به‌دست آمد ($R=0/90$، $P<0/01$) و این نشان می‌دهد که افت احتمالی ظرفیت عملی از الگوی خاصی پیروی می‌کند، یعنی کاهش در همهٔ کوهنوردان تقریباً با اندکی تفاوت رخ داده است. از جمله مهمترین نشانه‌های کاهش ظرفیت عملی در ارتفاع، می‌تواند ناشی از افت فشار سهمی اکسیژن در ارتفاع باشد که منجر به کاهش اکسیژن هوای تنفسی و فشار اکسیژن حبابچه‌ای می‌شود. برایند این تغییرات سبب اشباع کمتر هموگلوبین خون از اکسیژن می‌شود (۲۷،۲۵ و ۲۸) و در نتیجه اثر نهایی خود را روی افت ظرفیت عملی یا تحلیل سازگاری محیط گردش خون کوهنوردان می‌گذارد (۲و ۶). بنابراین با رفع شرایط هیپوکسی، ظرفیت هوازی به مقدار اولیهٔ خود در سطح دریا باز می‌گردد. در این مورد در تحقیق حاضر، ظرفیت عملی مرحلهٔ برگشت نسبت به ارتفاع ۴۱۵۰ متری افزایش معنی‌دار را نشان داد که ممکن است ناشی از رفع شرایط هیپوکسی باشد. البته قابل توجه است که اقامت‌های طولانی مدت (چند هفته) در ارتفاع می‌تواند سبب بهبود و سازش ظرفیت عملی افراد بعد از برگشت به سطح دریا شود که علت آن افزایش مقدار هموگلوبین و گلبول قرمز سرچشمه می‌گیرد (۲، ۱۷ و ۱۹).

در تحقیق حاضر، چون مدت اقامت در ارتفاع اندک بود و تغییرات معنی‌داری در عوامل خونی پدید نیامد و در عوامل HCT، HGB، RBC و MCHC افزایش‌هایی مشاهده شد، ولی تفاوت بارزی در ظرفیت عملی پیش‌آزمون با مرحلهٔ برگشت مشاهده نشد.

پاسخ‌های ضربان قلب و فشار خون به ارتفاع

یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که در مراحل مختلف صعود، با افزایش تدریجی ارتفاع، تواتر ضربان قلب در استراحت و فعالیت به‌طور فزاینده‌ای افزایش پیدا می‌کند ($P<0/05$). این نتایج با تحقیقات دیگر که با لحظات نخستین ورود به ارتفاع، بر تعداد ضربان قلب استراحت و فعالیت افزوده می‌شود، همسویی دارد (۳، ۶، ۹ و ۱۷).

یکی از مهمترین علل افزایش تعداد ضربان قلب، از ابتدای ورود به ارتفاع، می‌تواند افزایش

تحریک‌پذیری دستگاه سمپاتیکی باشد. مطالعات نشان داده است که با ورود به ارتفاع، غلظت هورمون‌های اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین خون افزایش می‌یابد و این کاتکولامین‌ها سبب تحریک عملکرد قلب می‌شود (۳ و ۴). البته با اقامت یک هفته یا بیشتر، از افزایش ضربان استراحت و تمرین کاسته می‌شود و تقریباً به سطح اولیهٔ خود در ارتفاع سطح دریا می‌رسد (۱۷). در تحقیق حاضر شاید به‌علت اقامت کوتاه مدت (۲۴ ساعت) کوهنوردان در ارتفاع و تجارب پیشین کوهنوردان و سطح آمادگی فیزیولوژیک آنان پاسخ مشابهی مشاهده نشد و ضربان قلب کماکان در اندازهٔ بالا باقی ماند. در این تحقیق مقدار فشار خون سیستولی به‌طور فزاینده با افزایش ارتفاع بیشتر شد که در تحقیقات دیگر، به یافته‌های مشابهی برخورد می‌کنیم (۴). البته در پاره‌ای از مطالعات نیز افت فشار خون مشاهده شده‌است (۱۷). دو علت عمدهٔ محتمل به‌عنوان مکانیسم‌های افزایش فشار خون در ارتفاع دخالت دارند، اول اینکه با صعود به ارتفاع، به موازات افزایش درصد هماتوکریت خون، ویسکوزیتهٔ خون افزایش می‌یابد که به افزایش مقاومت عروقی منجر می‌شود. برای مقابله با این تغییرات همودینامیک و غلبه بر مقاومت عروقی، فشار خون سیستولی افزایش می‌یابد (۱). همچنین هیپوکسی ناشی از ارتفاع سبب افزایش سطح هورمون‌های سمپاتیکی در خون می‌شود (۴)، که سبب تنگی عروق و در نتیجه افزایش فشار خون می‌شود (۱). با رفع شرایط هیپوکسی ناشی از ارتفاع، فشار خون و ضربان به وضعیت اولیهٔ خود برمی‌گردد و مکانیزم‌های بالابرندهٔ این متغیرها به‌علت رفع هیپوکسی مهار می‌شود. به عبارت دیگر، ضربان قلب و فشار خون کوهنوردان آماتور پس از برگشت از ارتفاع ۴۱۵۰ متری، به وضعیت اولیهٔ خود بازگشت کرد و میان شرایط پیش‌آزمون و برگشت از ارتفاع در عوامل فوق تفاوتی به‌دست نیامد.

منابع و مآخذ

۱ـ گایتون، آرتور و هال ، جان. «فیزیولوژی پزشکی گایتون». (جلد اول، ویرایش نهم)، ترجمهٔ فرخ شادان، انتشارات چهر، ۱۹۹۶.

۲ـ هیمز، امیلی و ولز، کریستین. «فعالیت‌های بدنی و محیط». ترجمهٔ فرزاد ناظم و عباسعلی گائینی، انتشارات ادارهٔ کل تربیت‌بدنی وزارت آموزش و پرورش، ۱۳۷۴.

3- Alleman, Y. et al. "High Altitude Stay and Air Travel in Coronary Heart Disease". Schweiz Med Wochenschr; 1998, 128(17), PP : 671-8.

4- Antezana, AM; et al. "Adrenergic Status of Humans During Prolonged Exposure to the Altitued of 6512 m". J Appl Physiol, 1994, 76(3), PP : 1055-9.

5- Boning, D; et al. "Altitude Acclimatization in Skiing Lowlanders". Sports Med, 1980(1), PP :191-98.

6- Cerreteli, P. "Limiting Factors to Oxygen Transport on Mount Everest". J Appli Physiol, 1976, 40(5), PP : 658-66.

7- Eckardt K.U. "Erythropoetin in Health and Disease". Eur J Clin Invest. 1989(19), PP :117-27.

8- Eckardt, K.U; et al. "Rate of Erythropoietin Fomation in Humans in Response to Acute Hypobaric Hypoxia". J Appli Physiol, 1989, 66(4), PP : 1785-88.

9- Gonzalez, NC. et al. "Increasing Maximal Heart Rate Increases Maximal O2 Uptake in Rats Acclimatized to Simulated Altitude". J App Physiol; 1998 84(1), PP : 164-8.

10- Gore, CJ, et al. "Altitude Training at 2690m Does not Increase Total Haemoglobin mass or sea level VO_2max in world champion track Cyclists". J Sci Med Sport, 1998, 1(3), PP : 156-70.

11- Hanna, JM. "Climate, Altitude, and Blood Pressure". Hum Biol,1999 71(4), PP : 553-82.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

12- Hebbel, R.P:et al. "Adaptation to altitude in subjects with high hemoglobin Oxygen Affinity".J Clin Invest, 1978; 62, PP : 593-600.

13- Humpeler, E. et al. Die Sauerstoffaffinitat des hamolobinse 3Stunden nach Passsivem Hohenwechsel Von 400auf 1800 m". Wien Klin Wochenschr; 1980;92, PP : 326-29.

14- Leon-Velader, F;et al. "Hematological Parameters in Higth Altitude Residents Living at 4355, 4660 and 5500 Meters Above sea Level". High Alt Med Biol, 2000;1(2), PP : 97-104.

15- Mairbaurl, H, "Red Blood Cell Function in Hypoxia at altitude and Exercise". Int J Sports Med, 1994, 15(2), PP : 41-63.

16- Mairbaurl, H. et al. "Unchanged in - vivo P50 at high Altitude Despite Decreased red Cell age and Elevated 2,3 - DPG". J Appl Physiol, 1990, 68(3), PP : 1186-94.

17- Milledge, JS. High Altitude, in : Oxford Sports Medicine. 2000.

18- Milledge, JS: et al. "Serum Erythropoietin In Humans at high Altitude and its Relation to Plasma Renin". J Appli Physiol, 1985; 59(2), PP : 360-64.

19- Padilla, J, et al. "Maximal Aerobic Capacity and Sports Activity in Mexicans From 13 to 56". Arch Inct Cardiol Mex, 1998, 68(3), PP : 224-31.

20- Poulsen, TD; et al. "Plasma Volume in Acute Hypoxia : Comparison of a Carbon Monoxide Rebreathing Method and dye Dilution With Evans' blue". Eur J Appli Physiol;1998, 77, PP : 457-461.

21- Pugh, L.G.C.E; "Blood Volume and Haemoglobin Consentration at Altitude Above 5500 meter". J Physiol, 1964, 170, PP :344-54.\

22- Richaler, JP, et al. "Operation Everest III (COMEX' 97). Effects of Prolonged and Progressive Hypoxia on Humans During a Simulated Ascent to 8,848 M in a Hypobaric Chamber". Adv Exp Med Biol, 1999, 474, PP : 297-317.

23- Robert, M; et al. "Variability of Oxygen Affinity of Blood : Human Subjects Native to High Altitude". J Appli Physiol : Respirat. Environ. Exercise Physiol,1981, 51(6), PP : 1411-16.

24- Roi. GS; et al. "Marathons in Altitude". Med Sci Sports Exerc; 1999, 31(5), PP : 723-8.

25- Samaja, M; et al. "Acid-base Blance and O2 Transport at High Altitude". Acta Physiol Scand; 1997; 159(3), PP : 249-56.

26- Savouy, G; et al. "Physiological chenges induced by pre-adaptation to high Altitude". J. Appli Physiol, 1994;69, PP : 221-227.

27- Torrance, J.C et al. "Oxygen Transport Mechanisms in Residents at higt Altitude". Respir Physiol, 1970, 11, PP : 1-15.

28- Ward, MP; et al. "High Altitude Medicine and Physiology". London : Chapman and Hall Medical, 1989, 148.