فصلنامه علمی تخصصی طب کار
دوره پنجم/ شماره اول/ بهار ۹۲/ صفحات ۷-۱

بررسی تغییرات درجه حرارت در میزان حداکثر اکسیژن مصرفی و زمان رسیدن به خستگی کارگران کارخانه ریسندگی

غلامرضا شریفی[۱]، علیرضا بابایی مزرعه‌نو[۲*]، فریده کیخسروی[۳]

۱. عضو هیأت علمی گروه علوم ورزشی دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان، اصفهان
۲. کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان، اصفهان
۳. کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، مربی تربیت بدنی، یزد

تاریخ دریافت:۹۱/۷/۳ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۲/۲۰

چکیده

مقدمه: خستگی عامل مهم بازدارنده عملکرد انسان‌ها می‌باشد و با بالا بردن توان هوازی می‌توان بر خستگی افراد غلبه کرد. با توجه به اهمیت حداکثر اکسیژن مصرفی در زمان رسیدن به خستگی هدف کلی این تحقیق بررسی تغییرات درجه حرارت در میزان حداکثر اکسیژن مصرفی و زمان رسیدن به خستگی در کارگران کارخانه ریسندگی بود.

روش بررسی: در این تحقیق نیمه تجربی میزان حداکثر اکسیژن مصرفی ۳۰ نفر از دختران سالم کارخانه ریسندگی قبل و بعد از آزمون پله آستراند و کانکانی در درجه حرارت ۲۵ درجه و ٤٨ ساعت بعد در درجه حرارت ٤٠ درجه در ساعت ۲ بعدازظهر اندازه‌گیری شد. نتایج به دست آمده با استفاده از ویرایش ۱۸ نرم‌افزار SPSS تحلیل شده است.

یافته‌ها: میانگین حداکثر اکسیژن مصرفی در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد در آزمون پله آستراند ٦/۲±۵۵/۱ و در درجه حرارت ٤٠ درجه ۵/٦±۵۰/۸ بود و در آزمون کانکانی در دمای ۲۵ درجه ۱/۸±۳۱/۲ و در درجه حرارت ٤٠ درجه ۰/۸۱±۳۰/٤ بود. لذا بین میانگین تعداد ضربان قلب، میزان کار انجام شده و میزان حداکثر اکسیژن مصرفی پس از فعالیت در دو درجه حرارت مختلف در آزمون پله آستراند تفاوت معناداری وجود داشت($P<۰/۰۵$)، همچنین در آزمون کانکانی بین میانگین تعداد ضربان قلب، میزان کار انجام شده در دو درجه حرارت ۲۵ و ٤٠ تفاوت معناداری وجود دارد($p=۰/۰۲$) ولی بین حداکثر اکسیژن مصرفی در دو درجه حرارت ۲۵ و ٤٠ تفاوت وجود ندارد($p=۰/۰٦$).

نتیجه‌گیری: نتایج کلی این تحقیق نشان داد در درجه حرارت ٤٠ درجه میزان حداکثر اکسیژن مصرفی کمتر از درجه حرارت ۲۵ درجه بود یعنی در دمای بالاتر، میزان حداکثر اکسیژن مصرفی کاهش پیدا کرد.

کلیدواژه‌ها: حداکثر اکسیژن مصرفی، آزمون پله آستراند، آزمون کانکانی، خستگی

[*] نویسنده مسؤول: آدرس پستی: دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان، تلفن: ۵۳۵٤۱۳۵-۰۳۱۱، ۰۹۱۳۲۵۰۵۰۱۷
پست الکترونیکی: alireza_babai5@yahoo.com

مقدمه

آگاهی از عملکرد مناسب دستگاه گردش خون و تنفس (در محیط‌های گرم، سرد و مرطوب) می‌تواند در برنامه‌ریزی‌هایی که به منظور افزایش سطح سلامتی تدوین می‌شود موثر و مفید باشد، زیرا تحقیقات نمایانگر این حقیقت است که افراد با استقامت قلبی-تنفسی متناسب و توان هوازی بالاتر، مدت زمان بیشتری می‌توانند در مقابل کارهای عضلانی و خستگی مقاومت نمایند. هنگام اجرای یک فعالیت بدنی انسان به حدی قابلیت و توانایی دارد که می‌تواند دستگاه قلبی- عروقی و تنفسی خود را با تامین نیاز عضلات فعال سازگار کند. وقتی دستگاه قلبی- عروقی و تنفسی به طور پی در پی با این نیازها مواجه می‌شوند، خود را به گونه‌ای با این شرایط سازگار می‌کنند که نحوه اجرای فعالیت استقامتی بهبود یابد. اغلب پژوهشگران حداکثر اکسیژن مصرفی را بهترین نشانه ظرفیت استقامتی قلبی- تنفسی قلمداد می‌کنند که معرف توان هوازی می‌باشد(۱).

حداکثر اکسیژن مصرفی بیشینه بیشترین مقدار اکسیژنی است که فرد می‌تواند در حین کار طاقت‌فرسا مصرف نماید و از طریق شدت کاری که به طور آهسته و منظم تا رسیدن به مرحله واماندگی افزایش می‌یابد اندازه‌گیری می‌شود(۱). افزایش اکسیژن تحویلی به عضلات فعال از طریق افزایش برونده قلبی بیشینه و حداکثر اکسیژن مصرفی همبستگی مستقیمی با یکدیگر دارند.

حجم ضربه‌ای یکی از تعیین‌کننده‌های مقدار اکسیژن مصرفی است و یکی از ویژگی‌های افراد تمرین کرده مقدار بالای حجم ضربه‌ای آنها است. متناسب با افزایش شدت فعالیت، اکسیژن مصرفی به نقطه اوج می‌رسد و پس از رسیدن به اوج، ثابت می‌ماند و یا به آرامی افت می‌کند.

اوج مصرف اکسیژن تحت عنوان ظرفیت هوازی یا حداکثر اکسیژن مصرفی، یکی از بهترین روش‌های اندازه‌گیری استقامت قلبی- تنفسی و آمادگی هوازی است(۲). عوامل زیادی روی توان هوازی تاثیر می‌گذارند که موثرترین این عوامل عبارتند از: وراثت، سن، جنسیت، ویژگی تمرین، همچنین تمرین نیازهای وارد بر دستگاه قلبی، عروقی-تنفسی را افزایش می‌دهد. در هنگام تمرین در گرما نیاز به تنظیم دمای بدن نیز اضافه می‌شود و دستگاه قلبی-عروقی، تنفسی بار سنگین‌تری را متحمل می‌شود که باعث افزایش ضربان قلب می‌شود.

نتایج تحقیق Fink و همکاران نشان داد که تمرین در هوای گرم علاوه بر افزایش دمای بدن و ضربان قلب باعث افزایش اکسیژن مصرفی نیز می‌شود، از این رو تمرین در گرما می‌تواند تخلیه ذخایر گلیکوژن را تسریع کند و اسید لاکتیک عضله را افزایش دهد که هر دو از عوامل شناخته شده‌ای هستند که در احساس خستگی و واماندگی نقش دارند(۳). خستگی یکی از فاکتورهای مهم در ورزش و فعالیت‌های ورزشی است و آن به طور فیزیولوژیکی به ناتوانی در ادامه انجام تمرین تعریف می‌شود و بخش‌هایی که فعال می‌شوند باعث یک سیستم دفاعی می‌شوند تا از آسیب عضلانی در طول فشارهای زیاد جلوگیری کنند.

خستگی شامل اجزای محیطی و مرکزی می‌باشد. دوره‌های تمرین و رقابت شدید برای اجرای حرکت‌های ورزشی بهینه ضروری است و موجب بهبود آن می‌شود(٤). دمای داخلی بدن در هنگام استراحت تقریبا ۳۷ درجه سانتی‌گراد است. ولی در هنگام فعالیت بدنی، از آنجایی که غالبا بدن نمی‌تواند گرما را به همان سرعتی که تولید می‌شود دفع کند، دمای داخلی بدن ممکن است به ٤۰ درجه سانتی‌گراد برسد و دمای عضله بالاتر از ٤۲ درجه سانتی‌گراد باشد، که می‌تواند تاثیر معکوسی بر دستگاه عصبی بگذارد و کوشش‌های بعدی را جهت از دست دادن دمای اضافی کاهش بدهد. دمای بدن بازتاب تعادل دقیقی بین تولید گرما و از دست دادن گرماست. اغلب اوقات فشار فعالیت‌های جسمانی با تغییر شرایط دمای محیط بیشتر می‌شود(۵).

تاثیر تغییرات درجه حرارت بر میزان حداکثر اکسیژن مصرفی و زمان رسیدن به خستگی توسط محققین مختلف از جمله Rodrigues و همکاران، Ghent و همکاران، Arngrimsson و همکاران و James مورد بررسی قرار گرفته است(۶،۷،۸،۹) و اکثر این مطالعات نشان داده‌اند خستگی به طور مستقل تحت تاثیر افزایش شدت ورزش و نیز استرس محیطی گرمایی قرار می‌گیرد و نشان داده شده است که افزایش دما باعث کاهش حداکثر اکسیژن مصرفی می‌شود و کارایی فرد کاهش پیدا می‌کند و در نتیجه فرد زودتر به زمان بروز خستگی می‌رسد(۶).

گرچه تاکنون تحقیقات متعددی در خصوص تغییرات درجه حرارت بر میزان حداکثر اکسیژن مصرفی و زمان رسیدن به خستگی انجام شده است ولی بر اساس منابع در دسترس، تحقیقات انجام شده در این خصوص با یکدیگر تناقض دارند، بنابراین بر آن شدیم تا تأثیر تغییرات درجه حرارت در میزان حداکثر اکسیژن مصرفی و زمان رسیدن به خستگی کارگران کارخانه ریسندگی در دو دمای ۲۵ درجه و ۴۰ درجه سانتی‌گراد را مورد مطالعه قرار دهیم.

روش بررسی

در این مطالعه که به صورت نیمه تجربی از نوع قبل و بعد انجام شد، تعداد ۳۰ نفر از کارکنان دختر کارخانه ریسندگی خوزستان با دامنه سنی ۲۳ تا ۲۶ سال که غیرسیگاری و فاقد بیماری‌های اندوکرینی، دیابت، ناراحتی‌های قلبی و بیماری‌های مزمن و غیرورزشکار بودند دعوت و پس از توجیه شرایط و همچنین تکمیل فرم رضایت‌نامه کتبی به طور هدفمند در تحقیق شرکت نمودند.

به منظور انجام تحقیق از افراد مورد مطالعه درخواست شد تا قبل از اجرای آزمون، الگوهای خواب طبیعی(حداقل ۸ ساعت خواب)، الگوهای فعالیت‌های روزانه و رژیم غذایی (۱۲ ساعت حالت ناشتا قبل از آزمون) در طول تحقیق را رعایت کنند و از هر گونه فعالیت بدنی شدید، مصرف مکمل غذایی، مصرف دارو، مصرف قهوه، دخانیات و کاکائو تا ۴۸ ساعت قبل از انجام آزمون خودداری نمایند.

برای اجرای برنامه اصلی ابتدا کلیه افراد در ساعت مقرر به آزمایشگاه برده شدند به این صورت که در یک روز ساعت ۷ صبح و در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد آزمودنی‌ها ابتدا آزمون پله آستراند را اجرا می‌کردند و بعد از ۳۰ دقیقه استراحت مجددا آزمون کانکانی را اجرا می‌کردند و ۴۸ ساعت بعد، مجددا در ساعت ۲ بعدازظهر و درجه حرارت ۴۰ درجه سانتی‌گراد به بالا آزمون‌ها را عین روز قبل با شرایط یکسان اجرا کردند. با توجه به اینکه شرایط بیولوژیکی بدن در ساعات مختلف شبانه‌روز متفاوت است ولی بر طبق تحقیقات انجام شده این شرایط بر میزان حداکثر اکسیژن مصرفی و زمان بروز خستگی تاثیری ندارند پس می‌توان شرایط را کنترل کرد.

روش اجرای آزمون پله آستراند: این آزمون جهت برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی از طریق شمارش ضربان قلب بعد از تمرین و اندازه‌گیری وزن بدن استفاده می‌شود، به این ترتیب که آزمودنی به مدت ۵ دقیقه با گام‌برداری ۲۲/۵ بار در دقیقه از پله استانداردی به ارتفاع ۳۳ سانتی‌متر با یک حرکت موزون ۴ مرحله‌ای(ابتدا پای چپ بالا و بعد پای راست بالا سپس پای چپ پایین و بعد پای راست پایین) با ریتم هماهنگ پخش شده توسط مترونوم حرکت می‌کند(۱۰).

پس از اتمام ۵ دقیقه آزمون پله، آزمون شونده سرپا می‌ایستد و بین ثانیه ۱۵ تا ۳۰ دوره برگشت به حالت اولیه ضربان قلب اندازه‌گیری می‌شود. سپس تعداد ضربان قلب به دست آمده در عدد ۴ ضرب می‌شود تا تعداد ضربان قلب در یک دقیقه به دست آید.

سپس با استفاده از نوموگرام Rodahl- Astrand میزان حداکثر اکسیژن مصرفی بیشینه را بر حسب لیتر در دقیقه محاسبه کرده و با ضرب عدد به دست آمده در ۱۰۰۰ و

تقسیم آن بر وزن شخص، حداکثر اکسیژن مصرفی بر حسب میلی لیتر در دقیقه به دست آمد(۱۱).

روش اجرای آزمون کانکانی: در این آزمون وزن، سن و جنس فرد به نوارگردان داده می‌شود سپس یک کمربند که دارای سنسورهای ویژه‌ای است دور سینه فرد بسته می‌شود تا هنگامی که فرد بر روی دستگاه قرار می‌گیرد، دستگاه ضربان قلب، زمان استراحت او را نشان دهد. بعد از آن با انتخاب نوع آزمون(آزمون کانکانی) بر روی نوارگردان، دکمه استارت را می‌زنیم، در ابتدا فرد ۱ دقیقه شروع به راه رفتن و گرم شدن می‌کند، پس از ۱ دقیقه وارد مرحله اصلی می‌شود، سرعت اولیه فرد ۸ کیلومتر در ساعت است که به ازای هر ۲۰۰ متر ۰/۵ کیلومتر اضافه می‌شود و این روند ادامه می‌یابد تا زمانی که اسیدلاکتیک تجمع یابد و فرد خسته شود، در نتیجه دستگاه خود به خود می‌ایستد و میزان حداکثر اکسیژن مصرفی بیشینه فرد را نشان می‌دهد. جهت ارزیابی فشار تمرین و اطلاع از رسیدن به سر حد خستگی از آزمون درک فشار بورگ استفاده شد.

تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده از ویرایش ۱۸ نرم‌افزار SPSS انجام و با توجه به نرمال بودن داده‌ها، برای تجزیه و تحلیل اطلاعات و مقایسه میانگین‌ها در مراحل مختلف از میانگین، انحراف استاندارد و همچنین به منظور بررسی تفاوت حداکثر اکسیژن مصرفی و زمان بروز خستگی در دو درجه حرارت مختلف از آزمون t مستقل استفاده گردید. ضمناً سطح اطمینان برای کلیه آزمون‌ها ۹۵٪ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

بر اساس یافته‌های جدول ۱ بین میانگین ضربان قلب در دو درجه حرارت ۲۵ و ٤۰ درجه تفاوت معناداری وجود داشت (P=۰/۰۵) و همچنین بین میانگین حداکثر اکسیژن مصرفی بر حسب میلی لیتر به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در دقیقه در دو درجه حرارت ۲۵ و ٤۰ تفاوت معناداری مشاهده شد (P=۰/۰۲) ولی بین حداکثر اکسیژن مصرفی در دو درجه حرارت ۲۵ و ٤۰ تفاوت معناداری وجود نداشت (p=/۰٦).

جدول۱– مقایسه میانگین تعداد ضربان قلب–حداکثر اکسیژن مصرفی در دو درجه حرارت مختلف در آزمون کانکانی

درجه حرارت	تعداد ضربان قلب	حداکثر اکسیژن مصرفی (لیتر در دقیقه)	حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر به ازا هر کیلوگرم از وزن بدن در دقیقه)
	میانگین±انحراف استاندارد	میانگین±انحراف استاندارد	میانگین±انحراف استاندارد
۲۵	۱۸۰±۹/٤	۱/۵±۰/۲۸	۳۱/۲±۱/۸
٤۰	۱۸٤/۱±۷/۲	۱/٤±۰/۱۹	۳۰/٤±۰/۸۱

بر اساس یافته‌های جدول ۲ بین میانگین ضربان قلب در دو درجه حرارت ۲۵ و ٤۰ تفاوت معناداری وجود دارد(P=۰/۰۱) و همچنین بین میانگین حداکثر اکسیژن مصرفی بر حسب میلی لیتر به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در دقیقه در دو درجه حرارت ۲۵ و ٤۰ تفاوت معناداری مشاهده شد (P=۰/۰۱) و همچنین بین حداکثر اکسیژن مصرفی در دو درجه حرارت ۲۵ و ٤۰ تفاوت وجود دارد(P=۰/۰٤).

جدول۲– مقایسه میانگین تعداد ضربان قلب–حداکثر اکسیژن مصرفی در دو درجه حرارت مختلف در آزمون پله آستراند

درجه حرارت	تعداد ضربان قلب	حداکثر اکسیژن مصرفی (لیتر در دقیقه)	حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر به ازا هر کیلوگرم از وزن بدن در دقیقه)
	میانگین± انحراف استاندارد	میانگین± انحراف استاندارد	میانگین± انحراف استاندارد
۲۵	۱۲۷/۱±۹	۲/٦±۰/٤۱	۵۵/۱±٦/۲
٤۰	۱۳۳±۸/۳	۲/٤±۰/۳٤	۵۰/۸±۵/٦

بحث

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در آزمون کانکانی بین میانگین ضربان قلب آزمودنی‌ها و حداکثر اکسیژن مصرفی بر حسب میلی لیتر به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در دقیقه آزمودنی‌ها در دو درجه حرارت ۲۵ و ٤٠ درجه سانتی‌گراد تفاوت معناداری وجود دارد ولی بین حداکثر اکسیژن مصرفی در دو درجه حرارت ۲۵ و ٤٠ تفاوت وجود ندارد. در ادامه نتایج حاصل از آزمون پله آستراند نشان داد که بین میانگین تعداد ضربان قلب در دقیقه آزمودنی‌ها، حداکثر اکسیژن مصرفی بر حسب میلی لیتر به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در دقیقه و همچنین بین حداکثر اکسیژن مصرفی در دو درجه حرارت ۲۵ و ٤٠ تفاوت معنادار وجود دارد.

مقایسه تحقیق حاضر با تحقیق Rodrigues و همکارانش نشان می‌دهد که حداکثر اکسیژن مصرفی به طور مستقل تحت تاثیر افزایش شدت ورزش و نیز استرس محیطی گرمایی قرار می‌گیرد(٦). همچنین نتایج تحقیق حاضر با تحقیق Gonzalez- Alanso همخوانی دارد که بیان می‌کند فشار گرمایی زیاد به طور چشمگیری حداکثر اکسیژن مصرفی را کاهش می‌دهد(۱۲). همچنین نتایج تحقیق حاضر با تحقیق Nag و همکارانش همخوانی ندارد، این تناقض احتمالا ناشی از این مسئله است که این محقق بیان داشته است اگر فردی در محیط گرم مدتی فعالیت و کار انجام دهد بدن سازگار می‌شود و می‌تواند به سطح بالای فعالیت خود برگردد یعنی در همان محیط گرم می‌تواند به توانایی قبلی خود و میزان کار انجام شده برگردد(۱۳). نتایج تحقیق حاضر با تحقیق James ، Havenith و Morrow نیز همخوانی دارد(۹،۱٤،۱۵).

نتایج نشان می‌دهد که پاسخ بدن به استرس گرمایی به شدت فعالیت و نوع آب و هوا بستگی دارد که این مکانیسم‌ها ممکن است مسئول روند کند انرژی جنبشی و حداکثر اکسیژن مصرفی و ایجاد خستگی پس از جلسه تمرینی باشند. همچنین با تحقیق Ghent و همکاران و Arngrimsson و همکاران همخوانی دارد(۷،۸) و نشان می‌دهد که میزان حداکثر اکسیژن مصرفی تحت تاثیر دما قرار می‌گیرد به نحوی که هر چقدر دما بالاتر برود حداکثر اکسیژن مصرفی کمتر می‌شود.

در واقع حداکثر اکسیژن مصرفی نشان‌دهنده حداکثر توانایی فرد در حمل و مصرف اکسیژن می‌باشد. تحقیقات نشان داده است که بین حداکثر اکسیژن مصرفی و مسافت طی شده هنگام فعالیت رابطه مستقیمی وجود دارد و از آنجا که هر چه حداکثر اکسیژن مصرفی بیشتر باشد، سهم انرژی حاصل از دستگاه هوازی در فعالیت‌های با شدت بالا افزایش می‌یابد و در نتیجه خستگی به دلیل تجمع مواد جانبی(مانند اسیدلاکتیک) به تعویق می‌افتد.

با توجه به اینکه کل توده بدن از عوامل اصلی تعیین‌کننده مقدار انرژی مصرفی هنگام فعالیت‌های تحمل کننده وزن بدن مانند راه رفتن و دویدن است(١٦) افزایش در وزن بدن و توده بدون چربی بدن ممکن است موجب افزایش مقدار انرژی مصرفی شود. علاوه بر این تفاوت در مقدار انرژی مصرفی بین دو گروه احتمالا به دلیل تفاوت در هزینه‌های تنفس و تهویه باشد. پژوهش‌های قبلی نشان داده‌اند که بعضی افراد حجم جاری کمتری داشتند و تعداد تنفس آنها نسبت به افراد گروه دیگر بیشتر بود(۵). با توجه به این مسئله افزایش در هزینه‌های تنفسی نیز ممکن است از دلایل افزایش مقدار انرژی مصرفی یک گروه نسبت به گروه دیگر در پژوهش حاضر باشد.

در تحقیقاتی که در زمینه ریتم‌های روزانه و ماهانه انجام می‌شود اندازه‌گیری دمای بدن اصل مهمی است که به کمک آن می‌توان تغییرات ریتمیک فاکتورهای مختلف را بررسی کرد. ملاتونین هورمونی است که کاهش‌دهنده درجه حرارت بدن است و در شب و تاریکی میزان ترشح آن به اوج می‌رسد و با روشنایی متوقف می‌شود. ریتم اکسیژن مصرفی تا حدودی تحت تاثیر تغییرات سطح کاتکولامین‌های موجود در گردش خون است(۱۷) و

کاتکولامین‌ها در پاسخ به افزایش دما متناسب با آن افزایش می‌یابند.

سطح کاتکولامین‌ها احتمالا یکی از بارزترین عوامل اثرگذار بر ضربان قلب در طول روز چه در حالت استراحت و چه در حالت فعالیت است. کاتکولامین‌ها (اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین) در عضله قلب موجب افزایش سرعت و قدرت انقباض‌های قلب می‌شود. در ضمن تحت تاثیر فعالیت‌های ورزشی ترشح آنها افزایش می‌یابد. یکی از اعمال بسیار مهم پروژسترون افزایش درجه حرارت بدن است. این پدیده به علت تاثیر پروژسترون بر افزایش درجه حرارت، نسبت پروژسترون به استروژن و ترشح ملاتونین تحت تاثیر پروژسترون بیشتر است، که متعاقبا تاثیرات گرمایی آنها بین مراحل مختلف سیکل به شکل معنادار بروز می‌کند(۱۸).

محدودیت‌های تحقیق شامل عدم امکان اندازه‌گیری مستقیم حداکثر اکسیژن مصرفی به علت عدم دسترسی به امکانات لازم و همچنین عدم شناخت تفاوت‌های ژنتیکی آزمودنی‌ها که بر میزان حداکثر اکسیژن مصرفی و زمان بروز خستگی تاثیرگذار است.

نتیجه‌گیری

میزان حداکثر اکسیژن مصرفی که توسط آزمون پله آستراند اندازه‌گیری شد و زمان بروز خستگی که توسط آزمون کانکانی اندازه‌گیری شد در درجه حرارت ٤٠ درجه نسبت به درجه حرارت ۲۵ درجه کمتر هستند، یعنی درجه حرارت بالا میزان حداکثر اکسیژن مصرفی و کارایی بدن را کاهش می‌دهد و فرد زودتر به آستانه خستگی می‌رسد و در درجه حرارت ٤٠ درجه نسبت به ۲۵ درجه ضربان قلب افزایش بیشتری می‌یابد.

بدین ترتیب از مجموع یافته‌های تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری کرد که شرایط اقلیمی(آب و هوا، درجه حرارت) می‌تواند تاثیر معناداری در میزان حداکثر اکسیژن مصرفی و زمان بروز خستگی داشته باشد، بنابراین می‌بایست برای بالا بردن توانایی کارکنان به تغییرات بیولوژیکی بدن با توجه به شرایط اقلیمی توجه کنند و این شرایط و سازگاری بدن به آنها را مورد تحلیل قرار دهند.

منابع

1. Daly W, Seegers CA, Dobrin DA, Dobridge JD, Hackney AC. Relationship between stress hormones and testosterone with prolonged endurance exercise. Eur J Appl Physiol 2005; 93:375-80.
2. Daniela A, Claudia G, Giuseppe P. Peripheral serotoninergic response to physical exercise in athletic horses. Journal of Veterinary Science 2010; 4: 285-90.
3. Fink, W, Whorton NE, Burman KD,Ferguson EW. Leg muscle metabolism during exercise in the heat and cold. EUROPEAN Journal of Applied Physiology. 1975; 34.183-90.
4. Wigernaes I, Hostmark AT, Kierulf P, Strum SB. Active recovery reduces the decrease in circulating white blood cells after exercise. Int J Sports MED 2010; 21:608-12.
5. Button U. Hormonal and physiological responses to exercise in relation to the menstrual cycle you can go sport: 2006;7:89-95.
6. Rodrigues Lo, Ledoux M, Peronnet F, Dulac S, Decarufel. Heat stroke rate and acute fatigue in rats. Brazj MED Biol Res. 2003; 36(1):131-5.
7. Ghent N. et al. Their moregulatory responses to exercise: relative versus absolute intensity. J sport SCI. 2004; 22(11-12): 1083-90.
8. Arngrimsson SA. Hyperthermia and maximal oxygen uptake in women. EUR J Appl Physiol. 2004; 92(4-5):524-32.
9. James DV, Doust JH. Oxygen uptake during high intensity running: response following a single bout of intensive training. Eur J APPL Physiol occup Physiol.1999; 79(3):237-43.

10. McArdel WD, Pechara GS, Katcha FI, Magela JR. Percentile norms for valid step test in college women. Research Quarterly of the AAHPER. 1973; 44(4):498-500.
11. Strand PO, Hackney AC. Ergometry test of physical Fitness. Aerobic Work Capacity in men and women with special reference to age. Acta 1970; 88(6): 49-60.
12. Gonzalez- Alanso J, Colbert JA. Reduction in systemic and skeletal muscle blood flow and oxygen delivery limit maximal aerobic capacity in humans. Circulation. 2003; 107(6):824-30.
13. Nag PK, Bandyopadhyay P, Ashtekar SP, Kothari D, Desai H, Nag A. Human work capacity under combined stress of work and heat. J Hum Ergol (Tokyo).1996; 25(2): 105-13.
14. Havenith G , Ledoux M, Peronnet F, Dulac S, Decarufel D, Volle MA, et al. The relevance of individual characteristics of human stress response is dependent on exercise intensity and climate type. Eur J Appl. Physiol Occup Physiol. 1998; 79(3): 231-41.
15. Morrow JR, Sharma A, Aston W, Field C, Kendall MJ, Jones DA. Measurement and evaluation in human performance human Kinetic copyright. 1995; 15:218-23.
16. Caperuto EC, dos Santos RVT, Mello MT, Costa Rosa LFBP. Effect of training on hypothalamic serotonin concentration and performance. Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology 2008; 36: 189–91.
17. Bagheri HO, Khadem Ansari MH P. The effect of endurance running activity on prolactin, testestron DHEA-S levels, Urmia Medical Journals 2011; 21(5): 391-7.[Persian]
18. Tremblay MS, Copeland JL, Van Helder W. Influenc of exercise duration on post-exercise esteroid hormone responses in trained males.Eur J Appl Physiol 2005; 94(5-6): 505-13.