

## ارزیابی ظرفیت کار فیزیکی و توان هوازی نیروهای نظامی مواجهه یافته با شرایط مختلف آب و هوایی مطلوب، گرم-مرطوب و خیلی گرم-مرطوب

فیروز ولی پور<sup>۱</sup>، عمران احمدی<sup>۲</sup>، غلام حسین پور تقی<sup>۳\*</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۶/۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۹/۵

### چکیده

**مقدمه:** شناخت ظرفیت جسمی افراد در شرایط آب هوایی مختلف می تواند کمک زیادی جهت انتخاب افراد مناسب برای کار داشته باشد. ظرفیت کار فیزیکی می تواند تحت شرایط آب هوایی متفاوت تغییر کند. نیروهای نظامی از جمله افرادی هستند که تحت شرایط آب و هوایی مختلف قرار می گیرند از این رو هدف از این پژوهش اندازه گیری ظرفیت کار فیزیکی نیروهای نظامی در شرایط آب و هوایی نرمال، گرم و مرطوب و خیلی گرم و مرطوب می باشد.

**مواد و روش ها:** این پژوهش یک مطالعه توصیفی-مقطعی می باشد. در این مطالعه تعداد ۳۶ نفر از نیروهای نظامی مرد در گروه سنی ۲۰-۲۹ سال مورد بررسی قرار گرفتند. اندازه گیری ظرفیت کار جسمانی، حداکثر توان هوازی، حداکثر توان جسمانی و اکسیژن مصرفی در سه شرایط متفاوت آب هوایی (نرمال، گرم و مرطوب و خیلی گرم و مرطوب) انجام شد. جهت اندازه گیری شاخص های فوق از روش نوار متحرک آستراند استفاده شد.

**یافته ها:** نتایج حاصل از این تحقیق ظرفیت کار فیزیکی افراد را در آب و هوای نرمال، گرم و مرطوب و خیلی گرم و مرطوب به ترتیب ۰/۵۲±۳/۶۹، ۰/۵۵±۳/۶۹ و ۰/۵۰±۳/۴۱ کیلوکالری بر دقیقه نشان داد، حداکثر توان فیزیکی افراد در سه شرایط فوق به ترتیب ۱۰/۸۷±۱/۵۴، ۱۰/۶۳±۱/۸۴ و ۱۰/۴۸±۱۰/۰۲ کیلوکالری بر دقیقه به دست آمد، همچنین حداکثر توان هوازی این افراد به ترتیب ۲۸/۱۴±۲/۷۶ و ۲۹/۷۶±۲/۶۵، ۲۹/۵۲±۲/۵۲ می باشد.

**نتیجه گیری:** نتایج این مطالعه نشان داد ظرفیت کار جسمی افراد در آب و هوای نرمال با ظرفیت کار جسمی افراد در آب و هوای گرم مشابه می باشد؛ اما ظرفیت کار جسمی افراد در آب و هوای نرمال بیشتر از ظرفیت کار جسمی افراد در آب و هوای خیلی گرم می باشد. همچنین نتایج نشان داد افراد مورد مطالعه مجاز به انجام کارهای سبک تا متوسط در طول یک شیفت کاری می باشند.

**کلمات کلیدی:** ظرفیت کار فیزیکی، حداکثر توان فیزیکی، حداکثر توان هوازی، شرایط آب و هوایی

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۲. استادیار، گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران.

۳. \* (نویسنده مسئول) استادیار، گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران. پست الکترونیک:

## مقدمه

هدف ارگونومی ایجاد محیطی بهینه منطبق با ابعاد بدن و ظرفیت‌های انسان است. رسیدن به این هدف از طریق تغییر سیستم و فراهم کردن محیط متناسب با خصوصیات و ظرفیت‌های انسان امکان‌پذیر است. لذا شناخت ظرفیت‌های فیزیکی و روانی انسان یکی از مباحث مهم در ارگونومی می‌باشد. کارهای جسمی متناسب با سختی و طول مدت انجام کار به میزان معینی از انرژی نیاز دارند، از طرفی توان انسان در تأمین و مصرف انرژی جهت انجام کارهای جسمی محدود بوده و از فردی به فرد دیگر متفاوت است؛ بنابراین لازم است توازن میان انرژی مورد نیاز برای انجام کار و ظرفیت انسان برقرار گردد. برای نیل به این مقصود بایستی توان جسمی انسان اندازه‌گیری شود. بونجر مقدار ۳۳٪ حداکثر توانایی شخص را به‌عنوان مقدار قابل قبول مصرف انرژی برای کار روزانه ارائه نمود که بیشتر مورد توجه و قبول واقع گردید (البته اعداد دیگری از قبیل ۳۵ و ۴۰ درصد به‌وسیله دانشمندان دیگر عنوان شده است) (۱).

پرفسور بینک اصطلاح توانایی کار فیزیکی (Physical work) (PWC) capacity را عنوان نمود، این اصطلاح گویای میزان حداکثر انرژی است که شخص بدون صدمه به سلامت خود در طول ۸ ساعت کار صرف می‌نماید. مقدار انرژی که شخص می‌تواند در واحد زمان به مصرف برساند در رابطه با کل زمانی است که شخص کار می‌کند (۲). توانایی کار فیزیکی به سن، جنس، فعالیت فیزیکی، عوامل محیطی، ضربان قلب، فعالیت بدنی حداکثر، و وزن بدن بستگی دارد (۳، ۴). بنابراین کار کردن در آب و هوای مختلف می‌تواند بر روی عملکرد ماهیچه‌ها (۵) (۶) و حداکثر توان فیزیکی (۷، ۸) تأثیر داشته باشد. در محیط‌های سرد عملکرد ماهیچه‌ها (۶، ۸) و توان کاری (۷، ۹) کاهش می‌یابد. دابت و همکارانش نشان دادند میزان  $VO_2$  مصرفی در دمای سرد نسبت به دماهای گرم‌تر بیشتر می‌باشد ولی این تفاوت با افزایش بار کاری کمتر می‌شود (۱۰). گرما اثرات فیزیولوژیکی روی افراد دارد و می‌تواند باعث کاهش اشتیاق و بهره‌وری افراد (۱۱) و افزایش حوادث (۱۲)، بیماری‌های گرمایی و مرگ شود (۱۳). رونالد و همکارانش نشان دادند در محیط گرم با افزایش درصد رطوبت توان کاری پایین می‌آید (۱۴). در مطالعه‌ای لیمبرگ و همکارانش بر روی افراد برای تعیین حداکثر توان فیزیکی در محیط‌های گرم و سرد

نشان دادند که  $VO_2$  MAX توسط دماهای مختلف تحت تأثیر قرار می‌گیرد. آن‌ها همچنین به این نتیجه رسیدند که تنفس هوا با دماهای مختلف و افزایش متناوبی دما تأثیری بر روی  $VO_2$  MAX ندارد (۱۵)، برخی مطالعات نشان داده‌اند که حداکثر اکسیژن مصرفی با افزایش دما کاهش می‌یابد (۱، ۱۶-۱۸). از طرف دیگر مطالعات دیگری نیز نشان داده‌اند که افزایش دما تأثیری بر روی توان حداکثر اکسیژن مصرفی ندارد (۱۹، ۲۰). کار در محیط‌های گرم و مرطوب که قسمت زیادی از جغرافیای کشور ایران تحت تأثیر این عامل فیزیکی قرار دارد می‌تواند عوارض کوتاه‌مدت و بلندمدتی را بر روی افراد داشته باشد (۲۱-۲۳). بیماری‌هایی از قبیل گرم‌زدگی، شوک گرمایی، کرامپ گرمایی و استرس از موارد شایع کار در محیط‌های گرم و مرطوب و گرم و خشک می‌باشد (۲۴، ۲۵). مشاغل نظامی و شرایط استراتژیک حاکم بر آن با توجه به نقش اساسی انسان در آن از این قاعده مستثنا نیستند و علی‌رغم پیشرفت‌های تکنولوژیک توجه به میزان توانایی افراد در تدوین دکترین‌های نظامی امری اجتناب‌ناپذیر است. اولین گام به‌منظور تعیین وظیفه سازمانی برای پرسنل نظامی متناسب با توان جسمی ایشان، برآورد میزان توانایی کار فیزیکی ایشان می‌باشد. در این پژوهش ظرفیت کار فیزیکی، حداکثر توان فیزیکی، حداکثر توان هوایی، اکسیژن مصرفی و مدت زمان فعالیت نیروهای نظامی در شرایط آب و هوای نرمال، گرم و مرطوب و خیلی گرم و مرطوب مورد بررسی قرار می‌گیرد.

## مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر یک مطالعه توصیفی - مقطعی (Cross - sectional) می‌باشد. در این مطالعه تعداد ۳۶ نفر از نیروهای نظامی مرد در گروه سنی ۲۰-۲۹ سال مورد بررسی قرار گرفتند. نمونه‌ها به‌طور تصادفی از لیست کارکنان و بر اساس اعداد تصادفی انتخاب شدند. حجم نمونه بر اساس مطالعات قبلی و ساخت مقدماتی تعیین شد. برای این منظور از فرمول  $n = \left( \frac{k_1 S}{d} \right)^2$  استفاده شد. میزان خطای نوع اول (آلفا) برابر ۰/۵ و میزان دقت مطالعه (d) برابر ۱٪ در نظر گرفته شد. کلیه افراد قبل از انجام آزمایش‌ها با تکمیل پرسشنامه مخصوص و در صورت نداشتن بیماری‌های قلبی - تنفسی، اسکلتی - عضلانی و

پس از انجام تست فرد بر روی صندلی نشسته و مجدداً فشار خون سیستولیک، دیاستولیک، ضربان قلب و دمای زیر زبانی (حداکثر تا یک دقیقه بعد از تست) اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از فرمول بالک حداکثر توان هوازی ( $VO_2 \max$ ) محاسبه شد.

$$VO_2 \max = (t \times 1.444) + 14.99$$

با داشتن  $t$  (مدت زمان فعالیت) و وزن هر فرد میزان اکسیژن مصرفی برحسب میلی‌لیتر بر دقیقه بر کیلوگرم محاسبه شد. سپس حداکثر توان جسمانی به دست آمد و میزان ۳۴ درصد آن به‌عنوان ظرفیت کار فیزیکی حساب شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل شد و نتایج اندازه‌گیری ظرفیت کار جسمانی در شرایط متفاوت آب هوایی با استفاده از آزمون آماری  $t$  زوجی با هم مقایسه شدند. رابطه بین متغیرهای مربوط به حداکثر توان جسمانی و فاکتورهای دموگرافیک با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون تعیین شد.

### یافته‌ها

در این مطالعه ۳۶ نفر از نیروهای نظامی مرد در دامنه سنی ۲۰-۲۹ سال مورد بررسی قرار گرفتند، متوسط قد افراد  $174/5 \pm 0/54$  سانتی‌متر (۱۶۳ تا ۱۸۹ سانتی‌متر) بود. جدول ۱ نتایج اندازه‌گیری شاخص‌های ظرفیت کار فیزیکی، حداکثر توان جسمانی، حداکثر توان هوازی و اکسیژن مصرفی و مدت زمان فعالیت نیروهای نظامی در آب و هوای مختلف نشان می‌دهد. تحلیل آماری نشان داد در شرایط آب و هوای متفاوت (نرمال و خیلی گرم و مرطوب) بین ظرفیت کار فیزیکی (۳/۵۳ و ۲۶/۳)، حداکثر توان جسمی (۱۰/۳۸ و ۹/۵۹) و اکسیژن مصرفی (۲/۱۶ و ۱/۹۲) افراد تفاوت معنی‌دار ( $P < 0/05$ ) وجود دارد. همچنین در شرایط آب و هوای متفاوت (نرمال و خیلی گرم و مرطوب) بین حداکثر توان هوازی افراد ( $\{ml/kg/min\}$ ) ۲۹/۹۳ و ۲۷/۹۹ ( $P$ -value = ۰/۰۱۸)، بین مدت زمان فعالیت افراد ( $\{P$ -value = ۰/۰۰۸) ۹/۶۵ min و ۸/۳۱ min) تفاوت معنی‌دار وجود دارد. همچنین در شرایط آب هوایی گرم و مرطوب و خیلی گرم و مرطوب بین ظرفیت کار فیزیکی (۳/۶۷ و ۳/۳۶)، حداکثر توان جسمی (۱۰/۷۹ و ۹/۸۸) و اکسیژن مصرفی (۲/۱۶ و ۱/۹۲) تفاوت معنی‌دار ( $p$ -value < ۰/۰۵) وجود دارد و همچنین بین حداکثر

سابقه تماس با گازهای شیمیایی، با رضایت کامل وارد مطالعه می‌شدند. وسایل اندازه‌گیری مورد استفاده شامل دستگاه تریدمیل (نوار متحرک) PROFORM مدل ۱۱۶۰، دستگاه اندازه‌گیری ضربان قلب POLAR مدل T ۶۱، دستگاه سنجش فشار خون CURA Med، دستگاه سنجش دمای بدن مدل MO2، ترازوی دیجیتالی با دقت ۱۰۰ گرم، متر و گونیا جهت اندازه‌گیری قد، برانکارد و کپسول اکسیژن بود. آزمایش‌ها در اتاق دما ساز (Chamber) که قابلیت تنظیم دما از ۱۰ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی از صفر تا صد درصد را دارد، انجام شد. شرایط آب و هوایی مورد تحقیق شامل الف: وضعیت نرمال (دمای  $20 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد و رطوبت  $2 \pm 50$  درصد)، ب: آب هوای گرم - مرطوب (دمای  $25 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد و رطوبت  $2 \pm 60$  درصد) و ج: آب و هوای خیلی گرم - مرطوب (دمای  $2 \pm 47$  درجه سانتی‌گراد و رطوبت  $22 \pm 60$  درصد)، بود. انتخاب حالت نرمال بر اساس استاندارد بهداشت حرفه‌ای و حالت گرم - مرطوب و حالت خیلی گرم - مرطوب با مروری بر اطلاعات سازمان هواشناسی و در نظر گرفتن دما و رطوبت شهرهای ایران در طول چند سال گذشته با در نظر گرفتن شاخص گرمایی (HI) بود که به ترتیب برای حالت گرم و مرطوب، دما و رطوبت مردادماه بندرعباس و منطقه نارنجی (کم‌رنگ) شاخص گرمایی (HI) و برای حالت خیلی گرم - مرطوب، دما و رطوبت مردادماه اهواز و منطقه قرمز رنگ شاخص گرمایی انتخاب گردید. افراد مورد آزمایش با هماهنگی قبلی در محل حاضر شده و پس از آمادگی و پوشیدن لباس مخصوص (پیراهن و شورت ورزشی نخی) وارد آزمایشگاه شدند، ابتدا قد و وزن اندازه‌گیری شد، سپس با خیس کردن ناحیه سینه (سرم نرمال سالین)، دستگاه سنجش ضربان قلب بر روی سینه نصب شد، دمای زیر زبانی (بعد از ۵ دقیقه برای سازگاری با محیط)، فشار خون سیستولیک و دیاستولیک و ضربان قلب اندازه‌گیری شد، در ادامه نحوه حرکت به روی تریدمیل به فرد آموزش داده شد و بر اساس برنامه ورزشی بالک تست به عمل آمد تا زمانی که یکی از دو شرایط زیر محقق شود:

۱. داوطلب قادر به ادامه فعالیت نباشد.

۲. ضربان قلب از ماکزیمم ضربان قلب محاسبه شده

(سن - ۲۲۰ = ضربان قلب مجاز در طول آزمایش) افزایش یابد.

توان هوازی افراد ( $P=0/008$ ) ( $27/99$  و  $30/38 \text{ ml/kg/min}$ ) } تفاوت معنی دار وجود دارد. (value)، بین مدت زمان فعالیت افراد ( $9/96 \text{ min}$  و  $8/31 \text{ min}$ )

جدول ۱: نتایج اندازه گیری شاخص های ظرفیت کار فیزیکی، حداکثر توان جسمانی، حداکثر توان هوازی و اکسیژن مصرفی و مدت زمان فعالیت نیروهای نظامی در آب و هوای مختلف (نرمال، گرم و مرطوب و خیلی گرم و مرطوب)

شرایط آب و هوای	حجم نمونه	مدت زمان فعالیت	اکسیژن مصرفی Lit/min	حداکثر توان هوازی mlit/kg/min	حداکثر توان جسمی Kcal/min	ظرفیت کار فیزیکی Kcal/min
نرمال	۳۶	$9/74 \pm 1/53$	$2/19 \pm 0/31$	$30/21 \pm 2/10$	$10/98 \pm 1/54$	$3/72 \pm 0/52$
گرم و مرطوب	۲۷	$9/48 \pm 1/85$	$2/17 \pm 0/33$	$29/60 \pm 2/69$	$10/88 \pm 1/66$	$3/70 \pm 0/56$
سطح معنی داری	-	۰/۳۳۴	۰/۶۲۰	۰/۳۳۴	۰/۶۲۰	۰/۶۲۰
نرمال	۳۶	$9/65 \pm 1/64$	$2/57 \pm 0/24$	$29/93 \pm 2/37$	$10/38 \pm 1/19$	$3/53 \pm 0/41$
خیلی گرم و مرطوب	۱۱	$8/31 \pm 2/08$	$1/92 \pm 0/22$	$27/99 \pm 3/00$	$9/59 \pm 1/08$	$3/26 \pm 0/37$
سطح معنی داری	-	۰/۰۰۸	۰/۰۴۱	۰/۰۱۸	۰/۰۴۱	۰/۰۴۱
گرم و مرطوب	۲۷	$9/96 \pm 1/20$	$2/16 \pm 0/32$	$30/38 \pm 1/73$	$10/79 \pm 1/58$	$3/67 \pm 0/54$
خیلی گرم و مرطوب	۱۲	$8/36 \pm 1/99$	$1/98 \pm 0/29$	$28/06 \pm 2/87$	$9/88 \pm 1/45$	$3/36 \pm 0/49$
سطح معنی داری	-	۰/۰۱۸	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۷	۰/۰۰۷

جدول ۲: نتایج اندازه گیری شاخص های پاراکلینیک نیروهای نظامی در شرایط آب و هوایی نرمال، گرم و مرطوب و خیلی گرم و مرطوب

شاخص پاراکلینیک شرایط آب و هوایی	فشار خون دیاستولیک (mmHg)	فشار خون سیستولیک (mmHg)	دمای بدن بعد از تست (°C)	ضربان قلب Bit/min	تعداد نمونه
نرمال	$70/73 \pm 9/37$	$117/85 \pm 10/33$	$36/33 \pm 0/74$	$134/84 \pm 14/25$	۳۶
گرم و مرطوب	$83/58 \pm 13/29$	$133/04 \pm 15/63$	$36/99 \pm 0/46$	$128/76 \pm 22/03$	۲۷
سطح معنی داری	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱۱	-
نرمال	$68/20 \pm 6/27$	$115/80 \pm 8/00$	$36/47 \pm 0/50$	$130/90 \pm 15/66$	۳۶
خیلی گرم و مرطوب	$88/20 \pm 17/76$	$144/40 \pm 14/23$	$38/50 \pm 0/52$	$147/20 \pm 20/96$	۱۱
سطح معنی داری	۰/۰۱۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۴۶	-
گرم و مرطوب	$80/55 \pm 11/48$	$129/45 \pm 10/21$	$37/17 \pm 0/26$	$131/17 \pm 23/08$	۲۷
خیلی گرم و مرطوب	$87/55 \pm 17/00$	$144/55 \pm 5/55$	$38/42 \pm 0/56$	$146/82 \pm 19/10$	۱۲
سطح معنی داری	۰/۰۲۶۶	۰/۰۴۱	۰/۰۰۳	۰/۰۷۷	-

جدول ۳. مقایسه نتایج اندازه‌گیری شاخص‌ها در نیروهای نظامی در گروه‌های سنی مختلف

زمان فعالیت (min)	اکسیژن مصرفی Lit/min	حداکثر توان هوازی MI/kg/min	حداکثر توان جسمانی Kcal/min	ظرفیت کار فیزیکی Kcal/min	تعداد	گروه
۹/۸۳ ± ۱/۵۶	۲/۱۹ ± ۰/۲۹	۳۰/۱۹ ± ۲/۲۶	۱۰/۹۸ ± ۱/۴۴	۳/۷۳ ± ۰/۴۹	۲۲	۲۵-۲۰
۸/۶۳ ± ۱/۸۳	۲/۱۴ ± ۰/۳۵	۲۸/۴۵ ± ۲/۶۵	۱۰/۶۹ ± ۱/۷۳	۱۰/۶۹ ± ۰/۵۹	۱۴	۲۹-۲۵
۰/۰۵۷	۰/۰۵۷	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴		سطح معنی‌داری

این افراد قادر به انجام فعالیت‌های شغلی سبک در طول یک شیفت کاری می‌باشند و چنانچه این کارکنان در فعالیت‌های صنعتی سنگین و کارهای نظامی به کار گرفته شوند، بایستی زمان کار آن‌ها به کمتر از ۸ ساعت در روز تقلیل یابد و یا اینکه فواصل مناسبی برای استراحت میان کارکنان در نظر گرفته شود زیرا ظرفیت کار جسمی آن‌ها کمتر از انرژی مورد نیاز برای فعالیت‌های سنگین است. در مطالعه‌ای که اوزیک و همکارانش بر روی حداکثر اکسیژن مصرفی ۳۰ مرد ۱۸ الی ۲۵ سال انجام دادند میزان حداکثر اکسیژن مصرفی را ۳۶/۶ میلی‌لیتر بر کیلوگرم بر دقیقه به دست آوردند که این مقدار نسبت به نتایج این مطالعه (گروه سنی ۲۰ الی ۲۵ سال) که میزان حداکثر مصرفی ۳۰/۹۸ میلی‌لیتر بر کیلوگرم بر دقیقه به دست آمد، بیشتر می‌باشد (۲۶). در مطالعه‌ای که نانچوا و منکوسکی بر روی میزان اکسیژن مصرفی گروه‌های سنی ۱۸ الی ۲۵ سال نیروی هوایی بلغارستان انجام دادند، میزان اکسیژن مصرفی را ۲/۹۴ لیتر بر دقیقه به دست آوردند که در مقایسه با نتایج این پژوهش بیشتر می‌باشد. علت این امر را می‌توان نوع فعالیت فیزیکی و حرکات ورزشی، عادات کردن افراد به کار خود، تغذیه و سایر عوامل مؤثر در این امر دانست (۲۷). در مطالعه‌ای که مطلبی بر روی پرسنل صنعت ماشین‌کاری وزارت دفاع انجام داد میزان ظرفیت کار جسمانی را ۵/۹۶ کیلوکالری بر دقیقه به دست آورد که بیشتر از نتایج این پژوهش می‌باشد. علت این امر را می‌توان به روش اجرایی نسبت داد. ایشان از روش نمودار آستراند و دوچرخه ارگومتر استفاده نمود که دقت نمودار نسبت به روش نوار متحرک کم می‌باشد و فعالیت فرد در نوار متحرک به حالت طبیعی نزدیک‌تر است و عدد به دست آمده از اعتبار بیشتری برخوردار است. همچنین در این پژوهش شرایط جوی کنترل شده است که می‌تواند در نتایج پژوهش تأثیر داشته باشد (۲۸).

مقایسه شاخص‌های مختلف (جدول ۲) نشان داد که ضربان قلب در دو شرایط آب و هوایی نرمال و خیلی گرم، به ترتیب از ۱۳۰/۹۰ به ۱۴۷/۲۰ (bit/min) رسیده است که این اختلاف از لحاظ آماری معنی‌دار است (P-value = ۰/۰۴۶). همچنین فشار خون سیستولیک از ۸۸/۲۰ به ۱۱۵/۸۰ و فشار خون سیستولیک از ۶۸/۲۰ به ۸۸/۲۰ (mmHg) رسیده است و این اختلاف {به ترتیب (P-value = ۰/۰۰۵) و (P-value = ۰/۰۱۱)} از لحاظ آماری معنی‌دار است. دمای بدن بعد از انجام تست در آب و هوای نرمال ۳۶/۴۷°C بوده که در آب و هوای خیلی گرم بعد از تست به ۳۸/۵۰°C افزایش یافت و این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار است (P-value = ۰/۰۰۳). این روابط معنی‌داری (جدول ۲) همچنین بین شرایط آب و هوایی نرمال و گرم و همچنین بین شرایط گرم و خیلی گرم دیده می‌شود. نتایج حاصل از مقایسه دو گروه سنی ۲۵-۲۰ سال و ۳۰-۲۵ سال نشان داد که ظرفیت کار فیزیکی، حداکثر توان جسمانی و حداکثر توان هوازی در دو گروه سنی فوق با هم تفاوت دارد و این تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار است (P-value = ۰/۰۲۴). همچنین مقایسه اکسیژن مصرفی و مدت زمان فعالیت در دو گروه سنی ۲۵-۲۰ سال و ۳۰-۲۵ سال از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری را نشان داد (P-value = ۰/۰۵۷). نتایج نشان داد بین مشخصات ظاهری افراد از قبیل قد، وزن، شاخص توده بدن و سطح بدن با PWC رابطه معنی‌داری مثبت و وضعی وجود داشت.

## بحث

ظرفیت کار جسمی در شرایط نرمال، گرم و خیلی گرم به ترتیب ۳/۶۹، ۳/۶۹ و ۳/۴۱ کیلوکالری بر دقیقه به دست آمد مقایسه این اعداد با میزان انرژی مورد نیاز در مشاغل مختلف نشان می‌دهد که

بیشترین توان هوازی به ترتیب در شرایط آب هوایی مربوط به شرایط گرم- مرطوب، نرمال و خیلی گرم-مرطوب می‌باشد. علت بالا بودن توان هوازی در شرایط گرم - مرطوب این است که در این شرایط اکثر افراد شرکت کننده در تست احساس رضایت از رطوبت موجود در محیط داشتند و بر راحت‌تر بودن تنفس در این شرایط تأکید داشتند. اگرچه میزان حداکثر توان جسمانی افراد در شرایط نرمال و گرم - مرطوب تفاوتی نداشت ولی به دلیل بالا رفتن معنی‌دار ضربان قلب، مصرف اکسیژن و افزایش دمای داخلی بدن در محیط‌های گرم - مرطوب میزان فعالیت افراد کاهش می‌یابد و خستگی زودتر در این افراد مشاهده می‌شود.

### نتیجه‌گیری

مقایسه ظرفیت کار جسمی جامعه مورد مطالعه با مقادیر استاندارد بین‌المللی کار نشان داد که افراد قادر به انجام فعالیت‌های شغلی سبک در طول یک شیفت کاری می‌باشند و چنانچه این پرسنل در فعالیت‌های صنعتی سنگین و کارهای نظامی به کار گرفته شوند، بایستی زمان کار آن‌ها به کمتر از ۸ ساعت در روز تقلیل یابد و یا اینکه فواصل مناسبی برای استراحت میان کار در نظر گرفته شود. زیرا ظرفیت کار جسمی در آن‌ها کمتر از انرژی مورد نیاز برای فعالیت‌های سنگین از جمله در شرایط آب و هوایی خیلی گرم - مرطوب هست. همچنین نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که ارتباط معنی‌دار آماری بین جثه اشخاص و توان و استقامت آن‌ها وجود ندارد؛ بنابراین جثه افراد معیار مناسبی جهت انتخاب فرد برای کارهای سنگین در مدت زمان طولانی نخواهد بود. افراد درشت هیکل گرچه ممکن است در مدت زمان کوتاه، قادر به اعمال نیروی بیشتری باشند ولی این موضوع دلیل بر زیاد بودن ظرفیت کار جسمی استقامت شخص نمی‌باشد.

نتایج این پژوهش نشان داد که در شرایط آب هوایی گرم، ظرفیت کار فیزیکی، حداکثر توان جسمانی، حداکثر توان هوازی، اکسیژن مصرفی و مدت زمان فعالیت کارکنان نسبت به هوای نرمال تغییری نمی‌کند ولی در شرایط آب هوایی خیلی گرم تمامی این شاخص‌ها نسبت به آب هوای نرمال کاهش می‌یابد. در شرایط خیلی گرم میزان ظرفیت کار فیزیکی ۸ درصد نسبت به شرایط آب و هوایی نرمال کاهش یافته است علت این امر را می‌توان به دلیل عدم توانایی انسان جهت انجام فعالیت در آب و هوای خیلی گرم و مرطوب دانست. در مطالعه‌ای که آرنگریمسون و همکارانش بر روی حداکثر اکسیژن هوازی افراد تحت گرما انجام داد به این نتیجه رسید که افزایش دما باعث کاهش میزان حداکثر اکسیژن هوازی افراد می‌شود (۲۹). در مطالعه‌ای که نیو و همکارانش انجام دادند به این نتیجه رسیدن که دمای بالا باعث کاهش حداکثر اکسیژن هوازی افراد می‌شود (۳۰) که با نتایج این مطالعه همخوانی دارد. در مطالعه‌ای که پیچا و همکاران ظرفیت کار فیزیکی را در ۲۵ مرد که با گرما تطابق یافته بودند، بررسی کردند به این نتیجه رسیدند که ظرفیت کار فیزیکی در گروه مشاهده نسبت به کنترل افزایش یافت (۳۱) ولی در این پژوهش به علت عدم تطابق افراد در محیط خیلی گرم و مرطوب ظرفیت کار جسمانی ۸ درصد نسبت به حالت نرمال کاهش یافت. در مطالعه‌ای که مینکستیک و همکارانش انجام دادند، حداکثر توان هوازی و اکسیژن مصرفی را در پرسنل ۱۸-۲۵ سال نیروی هوایی بلغارستان به ترتیب  $46/15$  و  $2/941/min$  به دست آوردند که از نتایج این پژوهش در گروه سنی ۲۰-۲۵ سال بیشتر است (جدول ۳) که علت این امر را می‌توان به عواملی از قبیل روش تست، شرایط آب و هوایی، تغذیه، ورزش و تغییرات نژادی نسبت داد (۲۹). در مطالعه‌ای که توسط زائو (Zhao) و همکارانش صورت گرفت، نشان داد که شرایط آب هوایی گرم-خشک و گرم-مرطوب مقدار حداکثر مصرف اکسیژن را نسبت به شرایط نرمال کاهش می‌دهد، اما با تغییر میزان رطوبت هوا، تغییری در مقدار مصرف اکسیژن مشاهده نمی‌شود (۳۲).

1. Singleton wt, Fox JG, Whitfield D. Measurement of Man at work 2, editor. London: Tylor and Francis 1973.
2. perolofAstxund, Rodahi k. Textbook of work physiology. 3, editor: Mccraw Hill Book Company 1986.
3. Kiss P, Meester D, Maes C, Vriese D, De Smet AM, Coelis M, Poriau S. Inspanningstolerantie en lichaamsvet bij Vlaamse brandweermannen. Eerste Resultaten. Tijdschrift Voor Geneeskunde. 2010;66(13):662-668.
4. Laukkanen JA, Laaksonen D, Lakka TA, Savonen K, Rauramaa R, Mäkikallio T, Kurl S. Determinants of cardiorespiratory fitness in men aged 42 to 60 years with and without cardiovascular disease. The American journal of cardiology. 2009;103(11):1598-1604.
5. Therminarias A. Acute exposure to cold air and metabolic responses to exercise. International Journal of Sports Medicine. 1992;13:S187-190.
6. Piedrahita H, Oksa J, Malm C, Sormunen E, Rintamäki H. Effects of cooling and clothing on vertical trajectories of the upper arm and muscle functions during repetitive light work. European Journal of Applied Physiology. 2008;104(2):183-191.
7. Oksa J, Kaikkonen H, Sorvisto P, Vaappo M, Martikkala V, Rintamäki H. Changes in maximal cardiorespiratory capacity and submaximal strain while exercising in cold. Journal of Thermal Biology. 2004;29(7):815-818.
8. Petrofsky JS, Burse RL, Lind AR. The effect of deep muscle temperature on the cardiovascular responses of man to static effort. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 1981;47(1):7-16.
9. Tesch P, Thorsson A, Fujitsuka N. Creatine phosphate in fiber types of skeletal muscle before and after exhaustive exercise. Journal of Applied Physiology. 1989;66(4):1756-1759.
10. Doubt TJ. Physiology of exercise in the cold. Sports Medicine. 1991;11(6):367-381.
11. Hancher DE, Abd-Elkhalek HA. Effect of hot weather on construction labor productivity and costs. Cost ENG (Morgantown WVA). 1998;40(4):32-36.
12. Daily A. Worker dies from heat stroke in golf course. IN CHINESE. 2007.
13. Daily A. Worker died from heat stroke in a falling accident (in Chinese). Apple Daily. 2010.
14. Maughan RJ, Otani H, Watson P. Influence of relative humidity on prolonged exercise capacity in a warm environment. European Journal of Applied Physiology. 2012;112(6):2313-2321.
15. Baker J, Brock S, Dalleck L, Goulet E, Gotshall R, Hutchison A, Knight-Maloney M. Maximal work capacity and performance depends warm-up procedure and environmental but not inspired air temperatures. 2012.
16. González-Alonso J, Calbet JA. Reductions in systemic and skeletal muscle blood flow and oxygen delivery limit maximal aerobic capacity in humans. Circulation. 2003;107(6):824-830.
17. Arngrímsson SÁ, Stewart DJ, Borrani F, Skinner KA, Cureton KJ. Relation of heart rate to percentV' o 2 peak during submaximal exercise in the heat. Journal of Applied Physiology. 2003;94(3):1162-1168.
18. Sawka MN, Young AJ, Cadarette BS, Levine L, Pandolf KB. Influence of heat stress and acclimation on maximal aerobic power. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 1985;53(4):294-298.
19. Rowell LB, Marx HJ, Bruce RA, Conn RD, Kusumi F. Reductions in cardiac output, central blood volume, and stroke volume with thermal stress in normal men during exercise. Journal of Clinical Investigation. 1966;45(11):1801.
20. Williams C, Bredell G, Wyndham CH, Strydom N, Morrison J, Peter J, et al. Circulatory and metabolic reactions to work in heat. Journal of Applied Physiology. 1962;17(4):625-638.
21. Fink W, Costill D, Van Handel P. Leg muscle metabolism during exercise in the heat and cold. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 1975;34(1):183-190.
22. Hayward M, Keatinge W. Roles of subcutaneous fat and thermoregulatory reflexes in determining ability to stabilize body temperature in water. The Journal of physiology. 1981;320(1):229-251.
23. Wyndham CH. The physiology of exercise under heat stress. Annual Review of Physiology. 1973;35(1):193-220.
24. Kenney WL, Anderson RK. Responses of older and younger women to exercise in dry and humid heat without fluid replacement. Medicine and Science in Sports and Exercise. 1988;20(2):155-160.
25. Greenleaf JE. Hyperthermia in exercise. In D. Robertshaw (Ed), International review of physiology: Environmental physiology University Park Press: Baltimore; 1979.
26. Ozcelik O, Aslan M, Ayar A, Kelestimur H. Effects of body mass index on maximal work production capacity and aerobic fitness during incremental exercise. Physiol Res. 2004;53(2):165-28.
27. Nancheva R, Minkovski L. Physical work capacity of Bulgarian Air Force pilots. Reviews on Environmental Health. 1994;10(1):63-66.
28. Siyasi M. Assessment of phisical work capasiy in motion industry and provide practical way to select fitness worker to phisical works. Tarbiat Modaress University1993.
29. Arngrímsson SÁ, Stewart DJ, Borrani F, Skinner KA, Cureton KJ. Relation of heart rate to percentV' o 2 peak during submaximal exercise in the heat. Journal of Applied Physiology. 2003;94(3):1162-1168.

30. Nybo L, Jensen T, Nielsen B, González-Alonso J. Effects of marked hyperthermia with and without dehydration on  $\dot{V}O_2$  kinetics during intense exercise. *Journal of Applied Physiology*. 2001;90(3):1057-1064.

31. Pichan G, Gauttam R, Tomar O, Bajaj A. Effect of primary hypohydration on physical work capacity. *International Journal of Biometeorology*. 1988;32(3):176-80.

32. Zhao J, Lorenzo S, An N, Feng W, Lai L, Cui S. Effects of heat and different humidity levels on aerobic and anaerobic exercise performance in athletes. *Journal of Exercise Science & Fitness*. 2013;11(1):35-41.



## Assessment of Physical Work Capacity and Aerobic Capacity in Military Forces Exposed to Favorable, Warm-Humid, and Very Warm-Humid Weather Conditions

Firooz Valipour<sup>1</sup>, Omran Ahmadi<sup>2</sup>, Gholam Hosein Pourtaghi\*<sup>3</sup>

Received: 25/8/2015

Accepted: 26/11/2015

### Abstract

**Introduction:** Understanding the physical capacity of people in different weather conditions can facilitate the assignment of right jobs to right individuals. People's physical work capacity can change in response to weather conditions. Since military forces are usually obliged to work under different weather conditions, this study aimed to assess these individuals' physical work capacity in desired, warm-humid, and very warm-humid weather conditions.

**Materials and Methods:** This cross-sectional study enrolled 36 military men (age: 20-29 years). Astrand treadmill tests were used to measure the participants' physical work capacity, maximum aerobic capacity, and maximum oxygen uptake were measured under three weather conditions (desired, warm-humid, and very warm-humid).

**Results:** The mean physical work capacity of the participants in desired, warm-humid, and very warm-humid weather conditions was  $3.69 \pm 0.52$ ,  $3.69 \pm 0.55$ , and  $3.41 \pm 0.50$  Kcal/min, respectively. The participants' maximum physical capacity under the mentioned conditions was  $10.87 \pm 1.54$ ,  $10.84 \pm 1.63$ , and  $10.02 \pm 10.48$  Kcal/min, respectively. Maximum aerobic capacity of the subjects was  $29.52 \pm 2.52$ ,  $29.76 \pm 2.65$ , and  $28.14 \pm 2.76$  ml/kg/min, respectively.

**Conclusion:** According to our findings, people have similar physical work capacity under desired and warm-humid weather conditions. However, physical work capacity reduced in very warm-humid weather. Moreover, the participants were allowed to perform light-moderate work during a work shift.

**Key Words:** Weather condition, Physical work capacity, Maximum aerobic capacity, Maximum physical capacity

1. Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

2. M.Sc Student, Department of Occupational Health, School of Medicine, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

3. \*(Corresponding Author) Assistant Professor, Health Research Center & Department of Occupational Health, School of Health, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran. E-mail ghpourtaghi@yahoo.com