علوم زیستی ورزشی – تابستان ۱۴۰۰
دورهٔ ۱۳، شمارهٔ ۲، ص: ۲۱۲ –۱۹۵
تاریخ دریافت : ۲۹ / ۰۹ / ۹۹
تاریخ پذیرش : ۰۷/ ۰۲ / ۱۴۰۰

اثر غوطه‌وری در آب خنک بر زمان واماندگی، مقدار لاکتات و شاخص‌های الکترولیتی خون مردان تمرین‌نکرده متعاقب تمرین وامانده‌ساز در گرما

احمد رحمانی*[۱] – احمد ولیدی [۲] – احمد آزاد[۳]

۱. استادیار گروه علوم ورزشی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران ۲.کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه علوم ورزشی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران ۳. دانشیار گروه تربیت بدنی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندر انزلی، بندر انزلی، ایران

چکیده

هوای گرم و مرطوب، عامل محدودکننده برای فعالیت‌های بلندمدت است. هدف از پژوهش حاضر تعیین اثر پیش‌خنک‌سازی (PC) بر زمان واماندگی، سطوح لاکتات و الکترولیت‌های پلاسمای مردان تمرین‌نکرده در گرما بود. آزمودنی‌ها ۲۰ مرد تمرین‌نکرده با دامنهٔ سنی ۲۱-۱۹ سال بودند که به‌صورت تصادفی به دو گروه کنترل و تجربی تقسیم شدند (n=۱۰). دمای مرکزی، دمای پوست، ضربان قلب، سطوح لاکتات و الکترولیت‌های پلاسما در سه مرحله: پایه، پس از گرم کردن و PC، و بعد از آزمون وامانده‌ساز اندازه‌گیری شد. PC شامل غوطه‌وری در آب خنک (۲۶ درجه) به مدت ۱۰ دقیقه (در دمای محیطی ۳۴-۳۲ درجه) بود. تمرین وامانده‌ساز شامل دویدن (در دمای ۳۳ درجه، رطوبت ۵۰٪) روی تردمیل با سرعت ۷ km/h بود که به‌تدریج به ۱۰km/h افزایش یافته و تا رسیدن به واماندگی ادامه می‌یافت. تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس مرکب (SPANOVA) انجام گرفت و معیار سطح معناداری P≤۰/۰۵ در نظر گرفته شد. یافته‌ها نشان داد که زمان رسیدن به واماندگی در گروه PC طولانی‌تر از گروه کنترل بود (P<۰/۰۰۰۱). درجهٔ حرارت زیر زبانی (P=۰/۰۵) و دمای پوست (P<۰/۰۰۰۱) و نیز سطح لاکتات (P<۰/۰۰۰۱) در گروه PC پایین‌تر از کنترل بود؛ اما در غلظت سدیم و پتاسیم تفاوتی مشاهده نشد. در نتیجه، PC عملکرد استقامتی در محیط گرم را از طریق بهبود ذخیرهٔ گرمایی، کاهش سطوح لاکتات و فشار قلبی-عروقی، افزایش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی

پیش‌خنک‌سازی، تغییرات فیزیولوژیک، عملکرد استقامتی، محیط گرم.

* نویسندهٔ مسئول: تلفن: ۰۹۱۲۴۴۱۵۶۶۱
Email:a_ rahmani@znu.ac.ir

مقدمه

اجرای بسیاری از فعالیت‌های شغلی روزمره و رقابت‌های ورزشی در شرایط آب‌وهوایی گرم یا داغ اجتناب‌ناپذیر است. شرایط محیطی داغ و مرطوب در رویدادهایی مانند مسابقات به‌تعویق‌افتادهٔ المپیک ۲۰۲۰ توکیو در تابستان سال ۲۰۲۱ (یا فعالیت‌های شغلی و ورزشی در تابستان و مسابقاتی که در شهرهای جنوب ایران در آب‌وهوای داغ و مرطوب انجام می‌گیرد) افراد را در معرض چالش جدی فیزیولوژیکی قرار می‌دهد (۱). درجهٔ حرارت محیطی بالا می‌تواند از طریق خستگی زودرس ناشی از هیپرترمی اثر منفی بر عملکرد ورزشکاران به‌ویژه ورزشکاران رشته‌های استقامتی داشته باشد (۳، ۲). در این شرایط، سیستم تنظیم دمایی ورزشکار سعی در کاهش دمای مرکزی دارد تا عملکرد جسمانی را حفظ کند. در این زمینه، مؤثرترین روش دفع گرما از بدن، تبخیر عرق است (۳) و تنظیم دمایی به مقدار زیادی بر تولید و تبخیر عرق از پوست بستگی دارد (۵، ۴). نیبو[1] و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی به این نتیجه رسیدند که تمرین در گرما با افزایش بار سیستم تنظیم دما، موجب چالش قلبی-عروقی می‌شود، بر عملکرد مغزی تأثیر می‌گذارد و با افزایش تهویهٔ ریوی، سوخت‌وساز عضله را نیز تغییر می‌دهد. تمام این موارد به‌صورت بالقوه ممکن است در خستگی مؤثر باشند و توانایی تحمل توان خروجی در خلال تمرین هوازی را مختل کنند (۲). همراه با کاهش اختلاف دمای مرکزی بدن و پوست در طول ورزش، جریان خون پوست برای حفظ دفع حرارت افزایش می‌یابد (۶). علاوه‌بر این، ضربان قلب نیز باید برای برون‌ده کافی قلبی افزایش یابد (۷). در این زمینه، ضعف عملکرد قلب و عروق در رساندن اکسیژن کافی به عضلات فعال، از عوامل محدودکنندهٔ فعالیت است (۸، ۷). در کنار کاهش ظرفیت سوخت‌وساز بدن، افزایش دمای عضلانی ممکن است به اختلال عملکرد میتوکندری، اختلالات یون‌های کلسیم، سدیم و پتاسیم و هوموستازیس فسفات منجر شود که به کاهش انقباض عضلانی می‌انجامد (۱۰، ۹). جنتجنز[2] و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که ورزش در محیط گرم موجب افزایش غلظت لاکتات و تخلیهٔ سریع‌تر گلیکوژن می‌شود (۱۱). برخی دیگر از پژوهشگران، تخلیهٔ گلیکوژن را علت اصلی خستگی در گرما دانسته‌اند (۱۲). به‌علاوه، فعالیت بدنی در هوای گرم باعث از دست دادن بیشتر آب و الکترولیت‌ها، به‌ویژه سدیم شده، و متعاقب آن افت عملکرد و گرفتگی عضلات روی می‌دهد (۱۲). ازاین‌رو، به‌منظور پیشگیری از افت عملکرد در شرایط هوایی گرم، شیوه‌های کاهش فشار گرمایی پیش از تمرین، حین تمرین و پس

1. Nybo
2. Gentjens

از تمرین مورد توجه قرار گرفته‌اند. در این میان استفاده از فنون سرد کردن پیش از تمرین (پیش‌خنک‌سازی؛[1] PC) می‌تواند افزایش دمای مرکزی بدن را محدود کند و در نتیجه، عملکرد را بهبود بخشد (۱۳). در این زمینه، ورزشکاران ممکن است از شیوه‌های کاربردی و مؤثر PC برای کاهش تأثیرات هوای داغ و بهبود عملکرد و ظرفیت تمرینی خویش استفاده کنند (۱۴). هدف PC، کاهش دمای مرکزی بدن و متعاقب آن افزایش ظرفیت گرمایی بدن است (۱۵). راهبردهای PC می‌توانند فشار وارده بر سیستم تنظیم دمای بدن، فشار قلبی-عروقی و تراکم لاکتات را کاهش دهند، ادراک گرمایی را بهبود بخشند (۱۷، ۱۶) و در نهایت، از میزان هیپرترمی و افت مایعات بدن بکاهند (۱۸). به‌علاوه، PC می‌تواند میزان کل عرق دفع‌شده در شرایط هوای داغ را تقلیل دهد (۱۹). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که اثرات PC بر بهبود عملکرد در شرایط محیطی داغ (بیشتر از ۲۶ درجه سانتی‌گراد) نسبت به دمای متوسط (۱۸ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد)، بارزتر است (۲۰، ۱۵). در حال حاضر، شیوه‌های مختلف PC مورد استفاده، و به‌صورت علمی بررسی شده‌اند. به‌طور کلی، PC به دو روش درونی و بیرونی انجام می‌گیرد. در روش درونی عامل خنک‌کننده از طریق خوردن وارد بدن می‌شود، اما در روش بیرونی عامل خنک‌کننده روی پوست قرار می‌گیرد (۱۵). بسیاری از این روش‌ها که اثربخشی آنها تأیید شده است، شامل غوطه‌وری کل بدن در آب خنک[2] (CWI)(۲۲، ۲۱)، غوطه‌وری بخشی از بدن در آب سرد (۲۳)، پوشیدن جلیقهٔ سرد (۲۴)، استراتژی‌های درونی خنک‌سازی مانند نوشیدن آب سرد یا محلول یخی (۲۴، ۲۳) و روش خنک‌سازی ترکیبی (استفاده از دو یا چند روش خنک‌سازی) هستند (۲۰). با این حال، یافته‌ها نشان می‌دهند که برای بهبود عملکرد ورزشی، خنک‌سازی سطح وسیعی از بدن مؤثرتر از روش‌های خنک‌سازی موضعی است (۱۳). به‌علاوه، در خنک‌سازی از نوع داخلی مصرف مقادیر زیاد مایعات سرد و محلول‌های خنک‌کننده، می‌تواند به افزایش ریسک ناراحتی و اختلال معدی-روده‌ای منجر شود (۲۵) که در نتیجه، موجب لرز و افزایش مصرف گلیکوژن می‌شود (۲۶). به‌علاوه، سیگل[3] و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که روش داخلی خوردن محلول یخی و فرو رفتن در آب سرد، تأثیر مشابهی بر زمان دویدن در گرما (دمای ۳۴ درجه، رطوبت ۵۲ درصد) داشتند (۱۶). در این زمینه، چو[4] و همکاران (۲۰۱۸) طی مطالعه‌ای فراتحلیلی دریافتند که PC به روش خارجی (غوطه‌وری کل بدن) ممکن است مؤثرتر از روش داخلی

1. Precooling (PC)
2. Cold Water Immersion (CWI)
3. Siegel
4. Choo

(خوردن یخ خردشده) باشد (۲۷). ازاین‌رو، به‌نظر می‌رسد که PC به شیوهٔ CWI، ضمن اینکه اثر اختلال روش درونی را در دستگاه گوارش ندارد، به‌واسطهٔ در برگرفتن سطح وسیعی از بدن می‌تواند اثربخشی بیشتر یا دست‌کم مشابه روش PC داخلی داشته باشد.

سیگل و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی روی مردان بزرگسال، نشان دادند که در هوای گرم، PC به روش CWI موجب افزایش زمان رسیدن به واماندگی می‌شود (۱۶). دامیان و گردون (۱۹۹۹) نیز به اثر غوطه‌وری در آب سرد به مدت ۳۰ دقیقه (۵ دقیقه با دمای ۱۸ درجه و ۲۵ دقیقه با دمای ۱۴-۱۲ درجه) همراه با گرم کردن قبل از آزمون سنجش توان بر روی چرخ کارسنج در دوچرخه‌سواران تمرین‌کرده پرداختند و نشان دادند که غوطه‌وری قبل از گرم کردن سبب افزایش معنادار در توان خروجی می‌شود؛ اما در غلظت لاکتات اثری ندارد (۲۸). در مطالعه‌ای دیگر، CWI اثر بهتری از روش پاشیدن آب سرد بر صورت داشت و ضمن بهبود عملکرد دویدن روی تردمیل در دمای ۳۳ درجه، دمای مرکزی و سطحی را نیز کاهش داد (۲۹). به‌طور مشابه، PC در افراد تمرین‌نکرده می‌تواند عملکرد استقامتی را بهبود بخشد و میزان تعریق را کاهش دهد (۳۰). در مقابل، راب دافیلد و فرانک (۲۰۱۳، ۲۰۰۷) در بررسی اثربخشی روش‌های حمام یخ و جلیقهٔ یخی بر فعالیت‌های سرعتی متناوب، تأثیر معنادار PC را بر الکترولیت‌های سدیم و پتاسیم و سطوح لاکتات مشاهده نکردند (۳۱). به‌علاوه، PC به روش دوش آب (۲۶ درجهٔ سانتی‌گراد) قبل از فعالیت شبیه‌سازی‌شدهٔ فوتبال بر ضربان قلب و لاکتات خون اثر معناداری نداشته است (۳۲). با این اوصاف، با وجود تأثیرات مفید CWI بر فعالیت بدنی در شرایط هوایی گرم و مرطوب، پژوهش‌های معدودی تأثیر این روش پیش خنک‌سازی را بررسی کرده‌اند. به‌علاوه، از جمله معدود مطالعات منتشرشده روی جمعیت ایرانی در این زمینه، مطالعهٔ آزاد و همکاران (۲۰۱۶) روی دانش آموزان فوتبالیست است و در مورد تأثیر CWI بر عملکرد افراد تمرین‌نکرده در داخل کشور گزارشی وجود ندارد. به همین دلیل، هدف پژوهش حاضر تعیین این موضوع بود که روش CWI (به‌عنوان روشی که تأثیرات گوارشی ناگوار و لرزش عضلانی ایجاد نمی‌کند)، چه تأثیری بر عملکرد استقامتی و عوامل فیزیولوژیک در شرایط گرم و مرطوب دارد. فرض ما این بود که پیش‌خنک‌سازی به شیوهٔ CWI می‌تواند علاوه‌بر افزایش زمان رسیدن به واماندگی در شرایط فشار گرمایی در افراد تمرین‌نکرده، سطوح الکترولیت‌ها و لاکتات خون را نیز تحت تأثیر قرار دهد.

روش تحقیق

این تحقیق از نوع آزمایش کنترل‌شدهٔ تصادفی[1] بود. با استفاده از پرسشنامه‌ای که حاوی اطلاعات سلامتی و سابقهٔ فعالیت بدنی بود، ۳۰ نفر از دانشجویان داوطلب به شرکت در پژوهش، انتخاب شدند. پس از همسان‌سازی از نظر Vo_2max، ضربان قلب، سن، قد و وزن، با استفاده از روش بلوک‌های تصادفی[2] تعداد ۲۰ نفر در دو گروه کنترل و تجربی (n=۱۰) قرار گرفتند. دو گروه در متغیرهای پیش‌آزمون تفاوت معناداری نداشتند (جدول ۱). در گروه تجربی، پس از گذشت ۷۲ ساعت از مرحلهٔ پیش‌آزمون، از ساعت ۷ تا ۸ صبح نمونه‌گیری خونی در حالت ناشتا انجام گرفت. پس از ۸ ساعت، متغیرهای پژوهش (ضربان قلب، فشارخون، دمای مرکزی و دمای پوست) اندازه‌گیری شد و بلافاصله آزمودنی‌ها به مدت ۱۰ دقیقه تمرینات گرم کردن را اجرا کردند و در پی آن ۱۰ دقیقه پیش‌خنک‌سازی به روش غوطه‌وری در آب خنک انجام گرفت. پس از اتمام پروتکل پیش‌خنک‌سازی، مرحلهٔ دوم خون‌گیری و اندازه‌گیری مجدد متغیرهای پژوهش صورت گرفت؛ سپس، تمرین وامانده‌ساز اجرا شد و پس از رسیدن به مرحلهٔ واماندگی، مرحلهٔ نهایی اندازه‌گیری تمامی متغیرهای پژوهش انجام گرفت.

برای آزمودنی‌های گروه کنترل، تمام مراحل گروه تجربی، به‌غیر از پروتکل پیش‌خنک‌سازی، اجرا شد (شکل ۱).

جدول ۱. مشخصات آزمودنی‌ها

گروه	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	سن (سال)	ضربان قلب (ضربه در دقیقه)	VO_{2max} (ml.kg.min)
کنترل	۱۷۷±۵/۳۰	۶۸/۷±۳/۶۶	۲۱±۱/۰۶	۷۲±۵/۲۲	۳۹/۲۹±۴/۵۴
PC	۱۷۸±۴/۰۳	۶۸/۷±۴/۴۵	۱۹/۹±۱/۱۱	۷۴±۲/۰۶	۴۰±۵/۰۶

محاسبهٔ اکسیژن مصرفی بیشینه

یک هفته پیش از آزمون اصلی و پس از ثبت اطلاعات پایه، آزمون وامانده‌ساز بروس[3] در محل آزمایشگاه دانشگاه زنجان برای محاسبهٔ VO_{2max} اجرا شد. پروتکل بروس شامل هفت مرحلهٔ ۳ دقیقه‌ای دویدن روی نوار گردان است. این آزمون با سرعت ۲/۷ کیلومتر در ساعت و شیب ۱۰ درصد شروع می‌شود.

1. Randomized controlled trial
2. Randomized block
3. Bruce exhaustive protocol

سپس در هر ۳ دقیقه بر شیب و سرعت نوار گردان تا زمان رسیدن فرد به واماندگی، افزوده می‌شود. اکسیژن مصرفی بیشینه براساس زمان واماندگی و با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (۳۳):

VO2 max (ml/kg/min) = 14.8 - (1.379 × T) + (0.451 × T2) - (0.012× T3)

روش اجرا

مطابق شکل ۱، ۷۲ ساعت پس از همسان‌سازی و انتخاب گروه‌ها، ابتدا ساعت ۸ صبح پس از ۱۲ ساعت ناشتایی، اولین نمونه‌گیری خونی به مقدار ۱۰ میلی‌لیتر توسط بهیار مرکز بهداشت از ورید بازویی، به‌منظور اندازه‌گیری مقادیر پایهٔ لاکتات و الکترولیت‌های سدیم و پتاسیم، انجام گرفت و پس از حدود پنج دقیقه نگهداری در دمای اتاق با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه (در دمای ۴ درجه) سانتریفیوژ شده و سرم حاصل جداسازی و به آزمایشگاه منتقل شد (T1). سپس، آزمودنی‌ها پس از صرف صبحانه و ناهار استاندارد به محل آزمون اصلی فرا خوانده شدند. دومین نمونهٔ خونی بلافاصله پس از گرم کردن ۱۰دقیقه‌ای (گروه کنترل) و گرم کردن و پیش‌خنک‌سازی (گروه تجربی) از ورید بازویی گرفته شد (T2). سومین نمونهٔ خونی هم پس از انجام تست واماندەساز گرفته شد (T3). میزان سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه الکترولیت آنالیزور (STARLYTE V, USA) ساخت آمریکا و لاکتات با کیت پارس‌آزمون (حساسیت ۱ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) و دستگاه اتوآنالیزور بیوشیمی (Alcyon 300, USA) اندازه‌گیری شد.

ضربان قلب و فشار خون با استفاده *از دستگاه فشارسنج دیجیتالی بیورر مدل Bc08 ساخت آلمان* در چهار مرحله، دمای مرکزی به شیوهٔ زیر زبانی با استفاده از دماسنج پزشکی، و دمای پوست با استفاده از دماسنج بیورر مدل *FT09* در سه مرحله اندازه‌گیری شد.

پروتکل پیش‌خنک‌سازی

پس از ۱۰ دقیقه گرم کردن روی نوار گردان (با سرعت ۷ کیلومتر بر ساعت)، PC به روش غوطه‌وری در حوضچهٔ آب خنک با دمای ۲۶ درجه با فرو رفتن تا ناحیهٔ گردن به مدت ۱۰ دقیقه، انجام گرفت. انتخاب مدت زمان CWI در پژوهش حاضر بر مبنای کار آزاد و همکاران (۲۰۱۶) (۲۱) و پس از بررسی مطالعات انجام‌گرفته در مورد زمان مؤثر برای پروتکل CWI صورت گرفت. برای مثال، ماچادو[1] و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای فراتحلیلی، زمان غوطه‌وری بین ۱۰ و ۱۵ دقیقه را مؤثرترین زمان در تخفیف درد عضلانی دانستند (۳۴). در سایر پژوهش‌ها، تأثیرات مثبت CWI برای دوره‌های زمانی بین ۱و ۱۵ دقیقه

1. Machado

بیان شده است (۳۶، ۳۵). ازاین‌رو، طول مدت ۱۰ دقیقه‌ای، به‌عنوان یک دورهٔ مؤثر که امکان اجرای CWIرا قبل از فعالیت‌های شغلی یا ورزشی ایجاد می‌کند، انتخاب شد.

دمای محیط بین۳۲ تا ۳۴ درجه بود. آزمودنی‌های گروه کنترل نیز تمام مراحل گروه تجربی را به‌غیر از PC اجرا کردند.

پروتکل آزمون واماندەساز

پروتکل تمرین فزایندهٔ واماندەساز شامل دویدن روی نوار گردان در دمای ۳۲ تا ۳۴ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت ۵۰ درصد با سرعت ۷ کیلومتر در ساعت بود، سپس هر ۲ دقیقه ۱ کیلومتر در ساعت بر سرعت قبلی افزوده می‌شد. هنگامی‌که سرعت به ۱۰ کیلومتر بر ساعت می‌رسید، آزمودنی تا رسیدن به واماندگی اختیاری در این سرعت فعالیت می‌کرد.

تحلیل آماری

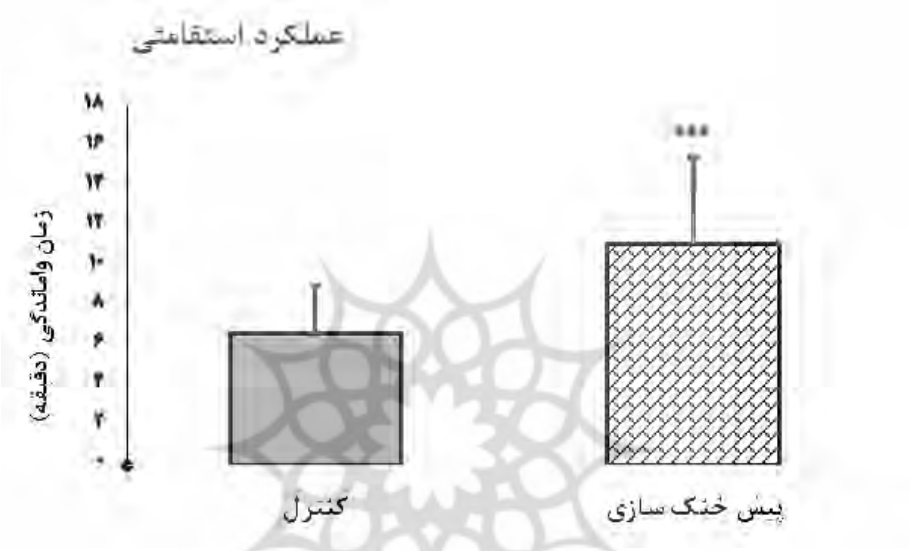
نظر به اینکه طرح پژوهش در تحقیق حاضر از نوع مقایسهٔ بین و درون‌گروهی بود، بررسی متغیرها در مراحل مختلف و بین گروه‌های کنترل و تجربی با استفاده از آزمون تحلیل واریانس مختلط بین و درون‌گروهی (SPANOVA) صورت گرفت. برای مقایسهٔ عملکرد استقامتی دو گروه در پس‌آزمون، از آزمون t مستقل استفاده شد. ملاک تصمیم‌گیری برای معناداری تفاوت‌ها P≤ ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

شکل ۱. طرح کلی پژوهش

نتایج

عملکرد استقامتی

آزمون t نشان داد که در زمان واماندگی (دقیقه) گروه‌های کنترل (۲/۳۳±۶/۶۴) و تجربی (۳/۱۹±۱۱/۱۰) تفاوت معناداری وجود دارد [$t_{(۱۸)}$ =-۲/۸۷ p=۰/۰۱، η^2 =۰/۴۴۱]. مجذور جزئی ایتا نشان می‌دهد که PC تأثیر قدرتمندی بر بهبود عملکرد استقامتی داشته است (شکل ۲).



شکل ۲. تأثیر PC بر زمان واماندگی ۰/۰۰۰۱ =P *

لاکتات سرم

تحلیل واریانس مختلط بین- درون آزمودنی‌ها برای ارزیابی تأثیر PC بر سطوح لاکتات سرم در سه دورهٔ زمانی (T1, T2, T3) نشان داد که تعامل معناداری بین نوع مداخله و زمان وجود دارد [η^2 =۰/۹۲ ، $F_{(۲و۱۷)}$ =۹۶/۸۵، p=۰/۰۰۰۱]. مجذور جزئی ایتا بیانگر اثر قدرتمند این اثر تعاملی است. شکل ۳ نشان می‌دهد که گروه PC در طول مراحل آزمایش سطوح لاکتات کمتری را متحمل شده است. همچنین، اثر اصلی شایان توجهی برای زمان وجود داشت [$F_{(۲و۱۷)}$ =۶۴۲، p=۰/۰۰۰۱ ، η^2 =۰/۹۹]؛ یعنی هر دو گروه در میزان لاکتات بین سه دورهٔ زمانی افزایش داشته‌اند. به‌علاوه، اثر اصلی مقایسهٔ دو گروه معنادار بود [$F_{(۱و۱۸)}$ =۶۷/۲۳، p=۰/۰۰۰۱ ، η^2 =۰/۷۹] که نشان می‌دهد روش PC بر کاهش سطوح لاکتات بسیار اثربخش بوده است.

شکل ۳. میانگین سطوح لاکتات سرم گروه‌ها در سه دورهٔ زمانی۰/۰۰۰۱ =P***

سدیم سرم

یافته‌ها نشان داد که تعامل معناداری بین نوع مداخله و زمان وجود ندارد [η^2 =۰/۱۱ ، ۰/۳۶۸ =p،$F_{(۲و۱۷)}$ =۱/۰۶]؛ یعنی تغییر یکسانی در مقدار سدیم دو گروه با گذشت زمان وجود دارد (شکل ۴). به‌علاوه، اثر اصلی مقایسهٔ دو گروه معنادار نبود [η^2 =۰/۱۳ ، p=۰/۱۱۳ ،$F_{(۱و۱۸)}$ =۲/۷۷]، اما اثر اصلی قدرتمندی برای زمان وجود داشت [η^2 =۰/۶۳ ، p=۰/۰۰۰۱ ،$F_{(۲و۱۷)}$ =۱۴/۲۲]؛ یعنی در هر دو گروه با گذشت زمان مقدار سدیم سرم افزایش یافت.

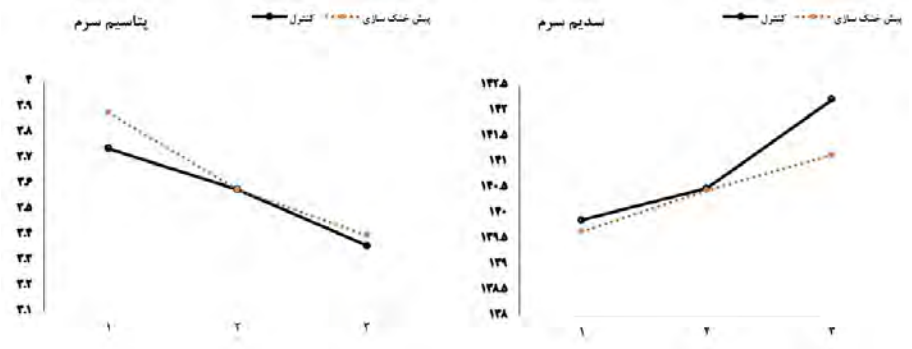
پتاسیم سرم

تعامل معناداری بین نوع مداخله و زمان وجود نداشت [η^2 =۰/۱۳۶ ، p=۰/۲۸۸ ،$F_{(۲و۱۷)}$ =۱/۳۴] (شکل ۴). همچنین، اثر اصلی گروه معنادار نبود [η^2 =۰/۰۹۶ ، p=۰/۱۸۳ ،$F_{(۱و۱۸)}$ =۱/۹۲]. از سوی دیگر، اثر اصلی قدرتمندی برای زمان وجود داشت [η^2 =۰/۹۰ ، p=۰/۰۰۰۱ ،$F_{(۲و۱۷)}$ =۷۹/۳۴]؛ یعنی در هر دو گروه با گذشت زمان مقدار پتاسیم سرم کاهش یافت.

دمای مرکزی

یافته‌ها نشان داد که تعامل معناداری بین نوع مداخله و زمان وجود ندارد [η^2 =۰/۰۶۱ ، ۰/۵۸ =p،$F_{(۲و۱۷)}$ =۰/۵۵۶]، اما اثر اصلی قدرتمندی برای زمان وجود داشت [η^2 =۰/۸۳۵ ، p=۰/۰۰۰۱ ،$F_{(۲و۱۷)}$ =۴۲/۹۲]. به‌علاوه، دمای مرکزی بدن در مراحل T2 و T3 نسبت به T1 افزایش معناداری داشت (p=۰/۰۰۰۱). اما بین مراحل T2 و T3 تفاوت معنادار نبود (شکل ۵). همچنین، اثر اصلی مقایسهٔ دو گروه

معنادار بود [$F_{(1و18)}$ =۴/۴۲، p=۰/۰۵ ، η^2 =۰/۱۹۷] که نشان می‌دهد روش PC بر کاهش دمای مرکزی بدن اثر قدرتمندی داشته است.

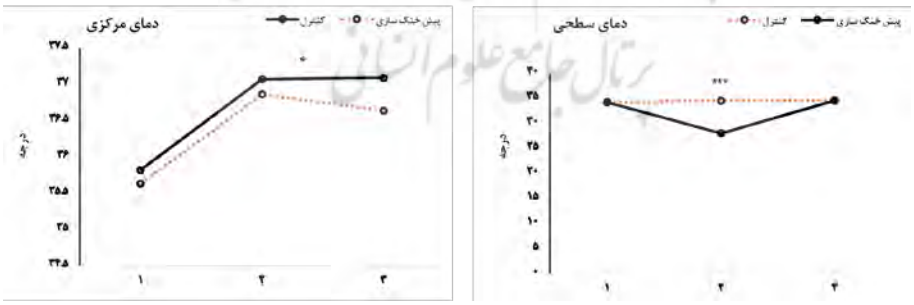


شکل ۴. میانگین سطوح سدیم و پتاسیم سرم گروه‌ها در سه دورهٔ زمانی

دمای سطحی

تعامل معناداری بین نوع مداخله و زمان مشاهده شد [$F_{(2و17)}$ =۲۲۸۶، p=۰/۰۰۰۱ ، η^2 =۰/۹۹۶]؛ یعنی با گذشت زمان، دمای سطحی دو گروه تغییر متفاوتی داشت. به‌علاوه، اثر اصلی قدرتمندی برای زمان وجود داشت [$F_{(2و17)}$ =۲۲۵۸، p=۰/۰۰۰۱ ، η^2 =۰/۹۹۶]. در این زمینه، دمای سطحی بدن بین مراحل T1، T2 و T3 تغییر معناداری دارد (p=۰/۰۰۰۱)(شکل ۵). همچنین، اثر اصلی مقایسه دو نوع مداخله معنادار بود [$F_{(1و18)}$ =۲۲۰۱،p=۰/۰۰۰۱ ، η^2=۰/۹۹۲] که نشان می‌دهد روش PC بر کاهش دمای سطحی بدن مؤثر بوده است.

تحلیل آماری سایر متغیرها نشان داد که PC ضربان قلب را کاهش می‌دهد؛ اما بر متغیر فشار خون تأثیر ندارد (داده‌ها گزارش نشده).



شکل ۵. دمای سطحی و مرکزی بدن(°C) گروه‌ها در سه دورهٔ زمانی*P=۰/۰۵، ***P = ۰/۰۰۰۱

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر غوطه‌وری در آب خنک بر زمان واماندگی، میزان لاکتات و شاخص‌های الکترولیتی خون مردان تمرین‌نکرده، متعاقب تمرین وامانده‌ساز در گرما بود. نتایج این پژوهش نشان داد که ۱۰ دقیقه پیش‌خنک‌سازی موجب افزایش زمان رسیدن به واماندگی در شرایط گرم و مرطوب می‌شود. این یافته با نتایج پژوهش‌های پیشین که از روش پیش‌خنک‌سازی استفاده کرده‌اند، همسوست. کریستوفر[1] و همکاران (۲۰۱۷) گزارش دادند که عملکرد تمرینی دوندگان با استفاده از PC به روش CWI در آب با دمای ۲۴-۲۳ درجه به مدت ۳۰ دقیقه، افزایش می‌یابد (۲۹). در یک پروتکل پیش‌خنک‌سازی کاملاً مشابه، سیگل و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان دادند که PC زمان رسیدن به واماندگی در دویدن مردان را افزایش داد (۱۶)؛ که این گزارش‌ها با یافتهٔ پژوهش حاضر همسوست. به‌نظر می‌رسد که نکات مشترکی چون نوع پروتکل PC، جنسیت آزمودنی‌ها و نوع آزمون در شرایط گرم و مرطوب، از جمله عواملی است که نتیجهٔ نسبتاً یکسانی را موجب شده است. از سوی دیگر، در تحقیق آزاد و همکاران (۲۰۱۵) گزارش شد که PC تأثیر معناداری بر رسیدن به زمان واماندگی در بازیکنان ورزیدهٔ فوتبال نداشت. در پژوهش آزاد و همکاران (۲۰۱۶)، آزمودنی‌ها، ورزشکاران تمرین‌کرده بودند که میزان آمادگی آنها با آزمودنی‌های تمرین‌نکرده در پژوهش حاضر متفاوت است. به‌نظر می‌رسد تفاوت در سطح آمادگی آزمودنی‌ها علت ناهمسویی باشد.

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که دمای مرکزی بالا عامل اصلی محدودیت در عملکرد تمرینی است (۳۸، ۳۷، ۲۴). هدف از PC افزایش ذخیرهٔ گرمایی بدن به‌هنگام تمرین است و چنین فرض می‌شود که بافر گرمایی بیشتر توسط PC، بدن را قادر می‌سازد تا پیش از رسیدن به حد بحرانی دمای مرکزی، کار بیشتری انجام دهد (۲۰). افت مؤثر دمای مرکزی و سطحی در اثر PC در پژوهش حاضر، این موضوع را تأیید می‌کند. در این خصوص، مارینو و بوث[2](۱۹۹۸) افت چشمگیر دمای مرکزی بدن را بعد از PC گزارش کردند (۳۹). کاهش دمای پوست متعاقب PC در تحقیق گریگز[3]و همکاران (۲۰۱۷) نیز گزارش شده است (۴۰). سایر پژوهش‌ها نیز نشان داده‌اند که PC دمای سطحی و/یا مرکزی را کاهش و میزان عملکرد دوچرخه‌سواران را در شرایط آب‌وهوایی گرم افزایش می‌دهد (۴۲، ۴۱). زمان‌های مشابه برای PC و دمای

1. Christopher
2. Marino and Booth
3. Griggs

محیطی نسبتاً یکسان در این پژوهش و پژوهش‌های یادشده می‌تواند در ایجاد نتایج مشابه نقش داشته باشد.

عملکرد سیستم قلبی-عروقی نیز تحت تأثیر دما قرار می‌گیرد. افزایش دمای سطحی به بیش از ۳۵ درجه و متعاقب آن افزایش جریان خون و کم‌آبی، با کاهش پر شدن قلب و افت ذخیرهٔ هوازی همراه است (۴۳). شواهد نشان داده‌اند که دمای محیطی بالا در موقع فعالیت با ۷۰ درصد Vo2max، زمان رسیدن به خستگی را کوتاه می‌کند (۴۴). رسیدن به واماندگی در شرایط گرما در اثر انحراف گردش خون (کاهش در برون‌ده قلب و جریان خون عضله)، می‌تواند ادامهٔ تمرین را محدود کند (۴۵). پژوهشگران گزارش داده‌اند که واماندگی با دمای مرکزی ۰/۱۵± ۳۹/۷ درجه اتفاق می‌افتد (۴۲). با افزایش دمای مرکزی، جریان خون به پوست افزایش می‌یابد و موجب توزیع خون به سطح و به دور از عضلات فعال می‌شود (۴۶) که این امر می‌تواند برای عملکرد مضر باشد. ازاین‌رو، افزایش دما و فشار به سیستم قلبی-عروقی، به‌دلیل افت جذب اکسیژن با کاهش در زمان فعالیت همراه خواهد بود (۴۷). در مقابل، PC با کاهش دمای سطحی می‌تواند انتقال دمای مرکزی به محیط را تسهیل کند و در نتیجه، در عملکرد بهتر قلبی-عروقی تأثیرگذار باشد (۲۴). در این زمینه، در پژوهش حاضر، ضربان قبل هنگام واماندگی بین دو گروه تفاوت معناداری را نشان داد (گروه کنترل: ۱۹±۱۴۲/۴ ضربه در دقیقه، گروه PC: ۹±۱۳۹/۱۱ ضربه در دقیقه)؛ که این امر بیانگر عملکرد بهتر قلبی-عروقی در گروه PC است و نشان می‌دهد دمای مرکزی و سطحی، واسطه‌های مهمی در رفتار تنظیم گرمایی هستند؛ که می‌تواند توجیهی برای تداوم بیشتر تمرین در گروه PC باشد. به‌علاوه، والو[1] (۲۰۱۶) نشان داد که غوطه‌وری در آب سرد قبل از قرارگیری در معرض گرما، ممکن است موجب انقباض عروقی شود و با کاهش جریان خون، از انتقال گرما بکاهد (۴۸). بنابراین، امکان جریان خون بیشتر به عضله فراهم شده و حمل اکسیژن به عضله هنگام تمرین افزوده می‌شود. در نتیجه، عملکرد بهبود می‌یابد (۴۲).

در پژوهش حاضر PC موجب کاهش معنادار لاکتات سرم شد. این یافته با نتایج پژوهش جمیز[2] و همکاران (۲۰۱۵) همسو (۱۷) بود. آنها نشان دادند که ۲۰ دقیقه پیش‌خنک‌سازی خارجی، تجمع لاکتات را در حین تمرین فزاینده (در دمای ۳۲ درجه) کاهش می‌دهد. دمای محیطی مشابه با پژوهش حاضر و استفاده از PC به روش بیرونی در پژوهش حاضر و مطالعهٔ جمیز، احتمالاً در کسب نتایج مشابه اثرگذار

1. Walloe
2. James

باشد. از سوی دیگر، تأثیر PC بر کاهش لاکتات در پژوهش حاضر، با یافته‌های لیزا[1] و همکاران (۲۰۲۰)، منظمی و همکاران (۲۰۲۰) و آزاد و همکاران (۲۰۱۵) ناهمسو بود (۵۰، ۴۹، ۲۱). در مطالعهٔ منظمی و آزاد، آزمودنی‌ها شامل بازیکنان ورزیدهٔ فوتبال و فوتسال بوده و در پژوهش لیزا نیز از اسب‌های مسابقات بین‌المللی، استفاده شد. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که سرعت تولید و نیز میزان پاکسازی لاکتات در ورزشکاران و غیرورزشکاران متفاوت است (۵۱)؛ بدین‌معنی که واکنش سیستم لاکتات در افراد تمرین‌نکرده سریع‌تر است. با توجه به اینکه آزمودنی‌های پژوهش حاضر تمرین‌نکرده بودند، افزایش سریع‌تر و پاکسازی کندتری را نسبت به ورزشکاران داشته‌اند. بدیهی است تأثیرات PC در سطوح بالای لاکتات مشهودتر است.

از دست دادن آب بدن در اثر گرما با کاهش حجم ضربه‌ای و برون‌ده قلبی و متعاقب آن با افت جریان خون به عضلات اسکلتی همراه می‌شود؛ که این فرایند موجب فعال شدن سیستم عصبی سمپاتیک و متعاقب آن افزایش ضربان قلب می‌شود (۵۲). در پژوهش حاضر نیز، بالاتر بودن معنادار ضربان قلب گروه کنترل مؤید این موضوع است. در چنین شرایطی، کاهش برون‌ده قلب از جمله عوامل خون‌رسانی ناکافی به عضلات محسوب می‌شود (۵۳)، زیرا با کاهش جریان خون عضلهٔ اسکلتی به‌دلیل از دست دادن آب در محیط گرم، کارایی متابولیسم هوازی کاهش و اتکا به گلیکولیز بی‌هوازی افزایش می‌یابد؛ که این امر به افزایش لاکتات پلاسما در طی ورزش در هوای گرم منجر می‌شود (۵۴). از سوی دیگر، PC، دهیدراتاسیون را تخفیف می‌دهد و از وابستگی به متابولیسم بی‌هوازی، در طی ورزش در دمای محیطی بالا، می‌کاهد (۲۱). یکی دیگر از سازوکارهای احتمالی کاهش معنادار لاکتات در گروه PC ناشی از حفظ درجهٔ بهینه جهت فعالیت آنزیم‌های سوخت‌وسازی است. براساس نتایج تحقیقات آنزیم‌های مسیرهای مختلف سوخت‌وسازی در دامنهٔ معینی از درجهٔ حرارت عملکرد بهینه دارند (۵۵). همچنین، نشان داده شده است که تنفس میتوکندریایی به‌طور بالقوه می‌تواند در خستگی نقش داشته باشد. گزارش‌ها حاکی است که درجهٔ حرارت بالای بدن می‌تواند تنفس میتوکندریایی را مختل کند و سبب فعال شدن مسیرهای غیرهوازی و در نتیجه افزایش تولید لاکتات شود (۵۶). کاهش میزان لاکتات و افزایش عملکرد گروه PC در پژوهش حاضر با این نتیجه‌گیری همسوست. با این حال، با وجود تأثیرات مثبت PC بر سطوح لاکتات و میزان عملکرد، سایر یافته‌ها نشان داد که در مقدار سدیم و پتاسیم سرم دو گروه تفاوت معناداری وجود

1. Lisa

ندارد. در این پژوهش غلظت سدیم در عرق اندازه‌گیری نشد؛ اما مدل‌های ریاضی نشان می‌دهند که از دست دادن سدیم در عرق در حدی نیست که موجب کاهش سدیم پلاسما شود (۵۷). توضیح دیگر این است که حدود یک‌چهارم کل سدیم بدن در استخوان‌ها و غضروف‌ها وجود دارد که برای جبران کاهش در سدیم پلاسما، قابل بازیابی است (۵۸). همچنین، گزارش شده است که غلظت پتاسیم پلاسما پس از تمرین طولانی و کم شدن آب، ثابت می‌ماند (۵۹). به همین دلیل، دفع پتاسیم پلاسما در عرق و ادرار بسیار کمتر از حدی است که بتواند بر محتوای پتاسیم پلاسما تأثیرگذار باشد (۶۰).

یکی از محدودیت‌های پژوهش این بود که آزمودنی‌های پژوهش صرفاً مرد بودند و نیز تعداد آنها محدود به ۲۰ نفر بود. بدیهی است با توجه به موازین اجتماعی در جامعهٔ ایرانی، برخلاف مردان، شرکت زنان در برخی فعالیت‌های شغلی و ورزشی با پوشش کامل انجام می‌گیرد که این امر می‌تواند موجب افزایش جدی خطر فشار گرمایی و افت عملکرد زنان ایرانی شود. بدیهی است که انجام پژوهش مشابه روی نمونه‌های زنان ایرانی و با تعداد بیشتری از آزمودنی، می‌تواند اطلاعات مفید و مؤثری را فراهم سازد. محدودیت دیگر این پژوهش، انجام پروتکل تمرین وامانده‌ساز در اتاقی با دما و رطوبت کنترل‌شده بود. این شرایط در مقایسه با موقعیت‌های کاری یا ورزشی، می‌تواند شدت گرمای تابشی کمتری را ایجاد کند. ازاین‌رو، توصیه می‌شود سایر پژوهش‌ها در حوزهٔ میدانی انجام گیرند تا یافته‌های عملی‌تری را ارائه کنند.

در مجموع، نتایج این پژوهش و پژوهش‌های مشابه پیشنهاد می‌کند که PC به روش غوطه‌وری در آب خنک می‌تواند با افزایش ظرفیت گرمایی (از طریق کاهش دمای مرکزی و دمای سطحی) و کاهش مقدار لاکتات، تأمین انرژی فعالیت را به سمت سیستم هوازی سوق دهد و تداوم بیشتر فعالیت در شرایط هوایی گرم را میسر سازد. ازاین‌رو، استفاده از این روش پیش از فعالیت‌های بدنی و شغلی در شرایط آب‌وهوایی گرم توصیه می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع و مآخذ

1. Vanos JK, Kosaka E, Iida A, Yokohari M, Middel A, Scott-Fleming I, et al. Planning for spectator thermal comfort and health in the face of extreme heat: The Tokyo 2020 Olympic marathons. Science of The Total Environment. 2019;657:904-17.
2. Nybo L, Rasmussen P, Sawka MN. Performance in the heat—physiological factors of importance for hyperthermia-induced fatigue. Comprehensive Physiology. 2011;4(2):657-89.
3. Jones PR, Barton C, Morrissey D, Maffulli N, Hemmings S. Pre-cooling for endurance exercise performance in the heat: a systematic review. BMC medicine. 2012;10(1):166.

4. Brotherhood JR. Heat stress and strain in exercise and sport. Journal of Science and Medicine in Sport. 2008;11(1):6-19.
5. Wingo JE, Low DA, Keller DM, Brothers RM, Shibasaki M, Crandall CG. Skin blood flow and local temperature independently modify sweat rate during passive heat stress in humans. American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology. 2010.
6. Wendt D, Van Loon LJ, Lichtenbelt WDM. Thermoregulation during exercise in the heat. Sports medicine. 2007;37(8):669-82.
7. Nybo L. Hyperthermia and fatigue. Journal of Applied Physiology. 2008.
8. 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):824-30.
9. Fitts RH. Cellular mechanisms of muscle fatigue. Physiological reviews. 1994;74(1):49-94.
10. Lamb GD, Stephenson DG. Point: lactic acid accumulation is an advantage during muscle activity. Journal of applied physiology (Bethesda, Md: 1985). 2006;100(4):1410.
11. Jentjens RL, Wagenmakers AJ, Jeukendrup AE. Heat stress increases muscle glycogen use but reduces the oxidation of ingested carbohydrates during exercise. Journal of applied physiology. 2002;92(4):1562-72.
12. Parkin J, Carey M, Zhao S, Febbraio M. Effect of ambient temperature on human skeletal muscle metabolism during fatiguing submaximal exercise. Journal of applied physiology. 1999;86(3):902-8.
13. Bongers CC, Hopman MT, Eijsvogels TM. Cooling interventions for athletes: an overview of effectiveness, physiological mechanisms, and practical considerations. Temperature. 2017;4(1):60-78.
14. Gibson OR, James CA, Mee JA, Willmott AG, Turner G, Hayes M, et al. Heat alleviation strategies for athletic performance: a review and practitioner guidelines. Temperature. 2020;7(1):3-36.
15. Ross M, Abbiss C, Laursen P, Martin D, Burke L. Precooling methods and their effects on athletic performance. Sports Medicine. 2013;43(3):207-25.
16. Siegel R, Maté J, Watson G, Nosaka K, Laursen PB. Pre-cooling with ice slurry ingestion leads to similar run times to exhaustion in the heat as cold water immersion. Journal of sports sciences. 2012;30(2):155-65.
17. James C, Richardson A, Watt P, Gibson O, Maxwell N. Physiological responses to incremental exercise in the heat following internal and external precooling. Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2015;25:190-9.
18. Montain SJ, Coyle EF. Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. Journal of applied physiology. 1992;73(4):1340-50.
19. Faulkner SH, Broekhuijzen I, Raccuglia M, Hupperets M, Hodder SG, Havenith G. The threshold ambient temperature for the use of precooling to improve cycling time-trial performance. International journal of sports physiology and performance. 2019;14(3):323-30.

20. Bongers CC, Thijssen DH, Veltmeijer MT, Hopman MT, Eijsvogels TM. Precooling and percooling (cooling during exercise) both improve performance in the heat: a meta-analytical review. Br J Sports Med. 2015;49(6):377-84.
21. Azad A, Mousavi M, Gorzi A, Ghasemnian A. The effect of precooling on exhaustive performance in the hot environment. Asian journal of sports medicine. 2016;7(3).
22. Wohlfert TM, Miller KC. Precooling, Exertional Heatstroke Risk Factors, and Postexercise Cooling Rates. Aerospace medicine and human performance. 2019;90(1):12-7.
23. Watkins ER, Hayes M, Watt P, Richardson AJ. Practical pre-cooling methods for occupational heat exposure. Applied ergonomics. 2018;70:26-33.
24. Xu M, Wu Z, Dong Y, Qu C, Xu Y, Qin F, et al. A Mixed-Method Approach of Pre-Cooling Enhances High-Intensity Running Performance in the Heat. Journal of Sports Science and Medicine. 2021;20(1):26-34.
25. Ross ML, Garvican LA, Jeacocke NA, Laursen PB, Abbiss CR, Martin DT, et al. Novel precooling strategy enhances time trial cycling in the heat. Med Sci Sports Exerc. 2011;43(1):123-33.
26. Jacobs I, Martineau L, Vallerand AL. Thermoregulatory thermogenesis in humans during cold stress. Exercise and sport sciences reviews. 1994;22(1):221-50.
27. Choo HC, Nosaka K, Peiffer JJ, Ihsan M, Abbiss CR. Ergogenic effects of precooling with cold water immersion and ice ingestion: A meta-analysis. European Journal of Sport Science. 2018;18(2):170-81.
28. Marsh D, Sleivert G. Effect of precooling on high intensity cycling performance. British Journal of Sports Medicine. 1999;33(6):393-7.
29. Stevens CJ, Kittel A, Sculley DV, Callister R, Taylor L, Dascombe BJ. Running performance in the heat is improved by similar magnitude with pre-exercise cold-water immersion and mid-exercise facial water spray. Journal of Sports Sciences. 2017;35(8):798-805.
30. Hasegawa H, Takatori T, Komura T, Yamasaki M. Combined effects of pre-cooling and water ingestion on thermoregulation and physical capacity during exercise in a hot environment. Journal of sports sciences. 2006;24(1):3-9.
31. Duffield R, Marino FE. Effects of pre-cooling procedures on intermittent-sprint exercise performance in warm conditions. European journal of applied physiology. 2007;100(6):727-35.
32. Tyka A, Płłka T, Tyka A, Cisoń T, Syyguła Z. The influnnee of ambinnt tmnpprrttur. on power at anaerobic threshold determined based on blood lactate concentration and myoelectric signals. International journal of occupational medicine and environmental health. 2009;22(1):1-6.
33. Pluncevic Gligoroska J, Manchevska S, Nikova Gudevska D, Todorovska L. Bruce Test Results And Body Mass Components In U20 Soccer Players. Research in Physical Education, Sport & Health. 2014;3(2).
34. Machado AF, Ferreira PH, Micheletti JK, de Almeida AC, Lemes ÍR, Vanderlei FM, et al. Can Water Temperature and Immersion Time Influence the Effect of Cold Water

Immersion on Muscle Soreness? A Systematic Review and Meta-Analysis. Sports Medicine. 2016;46(4):503-14.
35. Bleakley C, McDonough S, Gardner E, Baxter GD, Hopkins JT, Davison GW. Cold-water immersion (cryotherapy) for preventing and treating muscle soreness after exercise. The Cochrane database of systematic reviews. 2012;2012(2):Cd008262.
36. Hohenauer E, Taeymans J, Baeyens JP, Clarys P, Clijsen R. The Effect of Post-Exercise Cryotherapy on Recovery Characteristics: A Systematic Review and Meta-Analysis. PloS one. 2015;10(9):e0139028.
37. González-Alonso J, Teller C, Andersen SL, Jensen FB, Hyldig T, Nielsen BJJoap. Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. 1999;86(3):1032-9.
38. Gregson W, Drust B, Batterham A, Cable NJEjoap. The effects of pre-warming on the metabolic and thermoregulatory responses to prolonged submaximal exercise in moderate ambient temperatures. 2002;86(6):526-33.
39. Marino F, Booth J. Whole body cooling by immersion in water at moderate temperatures. Journal of Science and Medicine in Sport. 1998;1(2):73-81.
40. Griggs KE, Havenith G, Paulson TA, Price MJ, Goosey-Tolfrey VLJJos, sport mi. Effects of cooling before and during simulated match play on thermoregulatory responses of athletes with tetraplegia. 2017;20(9):819-24.
41. Kay D, Taaffe DR, Marino FE. Whole-body pre-cooling and heat storage during self-paced cycling performance in warm humid conditions. Journal of Sports Sciences. 1999;17(12):937-44.
42. Faulkner SH, Hupperets M, Hodder S, Havenith G. Conductive and evaporative precooling lowers mean skin temperature and improves time trial performance in the heat. Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2015;25:183-9.
43. Sawka MN, Cheuvront SN, Kenefick RW. High skin temperature and hypohydration impair aerobic performance. Experimental physiology. 2012;97(3):327-32.
44. Galloway S, Maughan RJ. Effects of ambient temperature on the capacity to perform prolonged cycle exercise in man. Medicine and science in sports and exercise. 1997;29(9):1240-9.
45. Brück K, Olschewski H. Body temperature related factors diminishing the drive to exercise. Canadian journal of physiology and pharmacology. 1987;65(6):1274-80.
46. Cheuvront SN, Carter III R, Castellani JW, Sawka MN. Hypohydration impairs endurance exercise performance in temperate but not cold air. Journal of Applied Physiology. 2005;99(5):1972-6.
47. Périard JD, Cramer MN, Chapman PG, Caillaud C, Thompson MW. Cardiovascular strain impairs prolonged self-paced exercise in the heat. Experimental physiology. 2011;96(2):134-44.
48. Walloe L. Arterio-venous anastomoses in the human skin and their role in temperature control. 2016;3(1):92-103.

49. Klous L, Siegers E, van den Broek J, Folkerts M, Gerrett N, van Oldruitenborgh-Oosterbaan MS, et al. Effects of Pre-Cooling on Thermophysiological Responses in Elite Eventing Horses. 2020;10(9):1664.
50. Monazzami A, Maleki Sadeghi H, Hematfar AJJoAiMM. The Effects of 30-minute Whole-Body Pre-Cooling on Anaerobic Performance Indices in Women Futsal Players. 2020;7(4).
51. Hinojosa JN, Hearon CM, Kowalsky RJJSSfH. Blood lactate response to active recovery in athletes vs. non-athletes. 2021:1-7.
52. No M, Kwak H-B. Effects of environmental temperature on physiological responses during submaximal and maximal exercises in soccer players. Integrative medicine research. 2016;5(3):216-22.
53. Cheuvront SN, Kenefick RW, Montain SJ, Sawka MN. Mechanisms of aerobic performance impairment with heat stress and dehydration. Journal of Applied Physiology. 2010;109(6):1989-95.
54. Girard O, Brocherie F, Bishop D. Sprint performance under heat stress: a review. Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2015;25:79-89.
55. Clarke N, Maclaren D, Reilly T, Drust B. Carbohydrate ingestion and pre-cooling improves exercise capacity following soccer-specific intermittent exercise performed in the heat. European journal of applied physiology. 2011;111(7):1447-55.
56. Klausen K, Dill D, Phillips Jr E, McGregor D. Metabolic reactions to work in the desert. Journal of applied physiology. 1967;22(2):292-6.
57. Van Nieuwenhoven M, Vriens B, Brummer R-J, Brouns F. Effect of dehydration on gastrointestinal function at rest and during exercise in humans. European journal of applied physiology. 2000;83(6):578-84.
58. Heer M, Baisch F, Kropp J, Gerzer R, Drummer C. High dietary sodium chloride consumption may not induce body fluid retention in humans. American Journal of Physiology-Renal Physiology. 2000;278(4):F585-F95.
59. Maughan R. Sports Nutrition/Ronald J. Maughan, Louise M. Burke. Handbook of Sports Medicine and Science Blackwell Science Ltd. 2002;200.
60. Costill D. Water and electrolyte requirements during exercise. Clinics in sports medicine. 1984;3(3):639-48.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

The effect of cold-water immersion on exhaustion time, serum levels of lactate and electrolyte indices of untrained men following an exhaustive exercise in the heat conditions

Ahmad Rahmani*[1] - Ahmad Validi [2] - Ahmad Azad[3]

1.Assistant Professor, Department of Sport Sciences, Faculty of Humanities, University of Zanjan, Zanjan, Iran2. MSc Student of Exercise Physiology, Department of Sport Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran3. Associated Professor, Department of Physical Education, Bandar Anzali Branch, Islamic Azad University, Bandar Anzali, Iran

(Recived: 2020/12/19; Accepted: 2021/04/27)

Abstract

Warm and humid conditions are the main limiting factor in long-term activities. Thus, the purpose of this study was to determine the effect of pre-cooling (PC) on exhaustion time, plasma levels of lactate and, electrolytes status of untrained men following an exhaustive exercise in the heat conditions. The participants were 20 untrained male students aged 19 to 21, which were randomly assigned to control and experimental groups (n=10). Core body temperature, skin temperature, heart rate, blood pressure, plasma lactate, and electrolytes were measured in three stages: at baseline, after warm-up and PC, and following the exhaustive test. The PC method consisted of immersion in the cold water (26 ℃) for 10 minutes (ambient temperature 32-34 °C). The exhaustive exercise protocol included treadmill running (at 33 °C, 50% humidity) at the speed of 7 km/h, which gradually increased to 10 km/h up to exhaustion. The SPANOVA was used for data analysis; and the criterion of significance was set as $p< 0.05$. Exercise time to exhaustion was longer ($p<0.0001$) in the PC than in the control conditions. PC decreased oral ($p=0.05$) and skin ($p<0.0001$) temperatures and lactate level ($p=0.0001$). However, there were no significant differences in plasma K and Na concentration. In conclusion, the PC increases endurance performance in a hot environment through enhances heat storage, decreases lactate level and cardiovascular strain.

Keywords

Endurance performance, Hot environment, Physiological changes, Pre-cooling.

* Corresponding Author: Email: a_rahmani@znu.ac.ir; Tel: +989124415661