علوم زیستی ورزشی - بهار ۱۳۹۶
دورهٔ۹، شمارهٔ ۱، ص : ۶۲ – ۴۵
تاریخ دریافت : ۰۵ / ۱۰ / ۹۳
تاریخ پذیرش : ۲۰ / ۰۳ / ۹۴

تأثیر تمرین تناوبی با شدت بالا در محیط گرم بر عملکرد هوازی و بی‌هوازی مردان فعال

سیدمحمد سیدی بیدگلی [*۱] – حمید رجبی [۲]
۱.دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه خوارزمی ۲. دانشیار دانشگاه خوارزمی

چکیده

هدف از پژوهش حاضر تعیین تأثیر تمرین تناوبی با شدت بالا در محیط گرم بر عملکرد هوازی و بی‌هوازی مردان فعال بود. ۲۴ دانشجوی مرد فعال با توجه به برآورد vVO_{2max} به سه گروه تمرین در محیط گرم (۸ نفر)، تمرین در محیط طبیعی (۸ نفر) و کنترل (۸ نفر) به‌صورت همتا تقسیم شدند. آزمودنی‌های گروه محیط گرم و طبیعی ۱۲ جلسه طی دو هفتهٔ متوالی تمرین کردند. هر جلسهٔ تمرین شامل ۵ وهلهٔ ۱۵۰ ثانیه‌ای دویدن با شدت ۹۰-۸۵ درصد vVO_{2max} روی نوار گردان بود و بین هر وهله ۱۵۰ ثانیه دویدن با شدت ۵۰ درصد vVO_{2max} به‌عنوان استراحت فعال قرار داشت. پیش و پس از پروتکل پژوهش، آزمون T_{max} و آزمون فزایندهٔ بیشینه روی نوار گردان جهت بررسی عملکرد هوازی و آزمون وینگیت به‌منظور بررسی عملکرد بی‌هوازی در محیطی با دمای ۱±۲۳ درجه و رطوبت ۵±۳۵ درصد طبیعی اجرا شد. بررسی داده‌ها، از طریق تحلیل واریانس یکسویه در سطح $P<۰/۰۵$ نشان داد، تمرین تناوبی با شدت بالا در محیط گرم، شاخص‌های vVO_{2max}، T_{max}، مسافت حداکثر سرعت توان هوازی و میانگین توان بی‌هوازی به‌ترتیب به مقدار ۱۴/۳ درصد، ۱۶/۳ درصد، ۳۳/۴ درصد و ۴۰/۱ درصد نسبت به پیشرفت گروه تمرین در محیط طبیعی افزایشی معنادار داشت، اما حداکثر توان بی‌هوازی (۱۵ درصد) تنها نسبت به گروه کنترل افزایش معناداری داشت ($P<۰/۰۵$). همچنین مقدار لاکتات پس از آزمون T_{max} تنها در گروه تمرین در محیط گرم (۱۲/۶- درصد) کاهش معناداری نشان داد، اما در مقایسه‌های بین‌گروهی تفاوت معنادار نبود ($P<۰/۰۵$). گروه کنترل در هیچ‌یک از شاخص‌ها تفاوت معناداری نشان نداد ($P<۰/۰۵$). به‌طور کلی نتایج نشان داد دو هفته تمرین تناوبی با شدت بالا در محیط گرم، عملکرد هوازی و برخی شاخص‌های عملکرد بی‌هوازی را نسبت به محیط طبیعی به‌طور معناداری بهبود می‌دهد.

واژه‌های کلیدی

تمرین تناوبی با شدت بالا، عملکرد هوازی و بی‌هوازی، محیط گرم، مردان فعال.

---

[*] **نویسندهٔ مسئول : تلفن :** ۰۹۳۸۷۷۰۵۵۲۳ Email : Seyedi.seyedmohamad@yahoo.com

مقدمه

مربیان و متخصصان علم ورزش در تلاش برای یافتن راه‌هایی به‌منظور افزایش کارایی برنامه‌های تمرینی در یک بازهٔ زمانی کوتاه، بر اجرای ورزشکاران هستند. این موضوع به‌ویژه هنگامی‌که زمان تمرین محدود است، بسیار مهم است. از همین رو تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIT[1]) مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. HIT نه‌تنها همانند تمرینات تداومی سنتی موجب افزایش عملکرد هوازی ورزشکاران می‌شود، بلکه عملکرد بی‌هوازی را هم تا حد زیادی بهبود می‌بخشد (۲۷،۸،۶). در تأیید این موضوع دامنهٔ وسیعی از سازگاری‌ها پس از تمرینات تناوبی شدید نشان داده شده است که شامل افزایش محتوای گلیکوژن استراحتی عضلهٔ اسکلتی (۲۸،۱۴،۶)، حداکثر فعالیت آنزیم‌های گلیکولیتیکی و اکسایشی (۲۸،۱۴،۸)، ظرفیت بافر کردن یون H^+ (۱۴) و افزایش اکسیژن مصرفی بیشینه (۲۷،۲۰،۱۱) و در نهایت عملکرد هوازی و بی‌هوازی است. برای مثال دوپونت[2] و همکاران (۲۰۰۴) در پژوهشی با بررسی تأثیر HIT نشان دادند که این تمرینات، vVO_{2max}[3] را به مقدار ۸/۱ درصد به‌طور معناداری افزایش می‌دهد (۱۰). اسفرجانی و همکاران (۲۰۰۷) نیز با مطالعه روی ۱۷ مرد نسبتاً تمرین‌کرده که سه برنامهٔ HIT متفاوت را به مدت ۱۰ هفته اجرا کردند، دریافتند زمان اجرای دویدن، VO_{2max}[4]، vVO_{2max}، T_{max}[5] و vLT[6] می‌تواند به‌طور معناداری با برنامه‌های متفاوت HIT در دوندگان نسبتاً تمرین‌کرده افزایش یابد (۱۱). در پژوهشی دیگر بیاتی و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از برنامهٔ HIT بهبود معناداری را در VO_{2max} و توان در VO_{2max} (P_{max}) و T_{max} گزارش دادند (۱).

در مجموع به‌نظر می‌رسد تمرین تناوبی با شدت بالا برای رسیدن به حداکثر آمادگی در یک دورهٔ زمانی کوتاه نسبت به تمرین تداومی سنتی می‌تواند کاراتر باشد. از طرف دیگر، ورزش به‌طور طبیعی با تولید گرمای ناشی از انقباض عضلانی، دمای مرکزی بدن و میزان درک فشار را بالا می‌برد (۲). همچنین محیط‌های استرسی به‌ویژه محیط گرم بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی انسان نسبت به فعالیت بدنی تأثیر دارند (۳۴،۳۲). از این میان، چالش بین خون در دسترس عضلات و پوست (۳۱)، اختلال در عملکرد و ظرفیت هوازی (۳۴،۳۲)، رسیدن زودهنگام به آستانهٔ بی‌هوازی (۴)، تحریک و تجمع

1. High-intensity Interval Training
2. Dupont
3. Velocity associated with VO2max
4. Maximal oxygen uptake
5. Time to exhaustion
6. Velocity at VO2max

هورمون‌های استرسی (۲۶) و به‌دنبال آن افزایش گلیکولیز بی‌هوازی (۱۲)، افزایش استفاده از گلیکوژن درون‌عضلانی و تجمع لاکتات (۱۲،۲)، از جمله عواملی‌اند که بار تمرین را در شرایط محیطی گرم افزایش می‌دهند. در حقیقت افزایش دمای مرکزی ناشی از ورزش و افزایش دمای محیط موجب خستگی بیشتر و افت عملکرد ورزشکار می‌شود (۵). به هر حال از آنجا که ورزشکاران رقابتی مجبورند در شرایط محیطی گوناگون مسابقه دهند، یکی از دغدغه‌های اصلی بسیاری از متخصصان و کارشناسان کاهش آثار منفی احتمالی محیط گرم بر عملکرد ورزشکاران است (۵). به همین دلیل، بیشتر پژوهشگران، سازگاری گرمایی[1] را به‌عنوان راه‌حل ممکن به‌کار گرفته‌اند (۲۴،۲۳،۹). در این روش برای رسیدن به سازگاری گرمایی باید تمرینات استقامتی طولانی‌مدتی را در معرض گرما انجام داد، به‌طوری‌که این استرس محیطی بتواند به اندازهٔ کافی دمای مرکزی، پوست و شدت تعریق را بالا ببرد (۲۴). میزان تطابق‌پذیری بیولوژیکی ناشی از سازگاری گرمایی، به شدت، مدت، تکرار و تعداد جلسات تمرین در محیط گرم وابسته است (۳۱). این نوع سازگاری بلافاصله پس از اولین جلسهٔ تمرین در محیط گرم شروع شده و به‌سرعت پس از ۱۲-۱۰ روز تمرین متوالی تا حد زیادی کامل می‌شود (۳۵). جلسات تمرینی برای رسیدن به این سازگاری باید بین ۱۰۰-۳۰ دقیقه در روز و در ترکیب با تمرین های هوازی به طول انجامد تا محیط بتواند فشار گرمایی مناسب برای رسیدن به سازگاری را وارد کند (۳۵،۳۱). توانایی این افراد برای انجام کارهای جسمانی در محیط گرم نسبت به افراد سازگارنشده افزایش می‌یابد و می‌توانند با کسب این نوع سازگاری، در محیط گرم عملکرد بهتری از خود نشان دهند (۳۲،۲۳). به هر حال با توجه به فشار بیشتر تمرین در محیط گرم، برخی پژوهشگران علوم تمرینی فرضیهٔ اثربخشی بیشتر تمرین در محیط گرم بر عملکرد ورزشی در شرایط دمای طبیعی و حتی سرد را مطرح کرده‌اند (۳۲، ۲۳). به‌طور مثال ساوکا[2] و همکاران (۱۹۸۵) دریافتند، به‌دنبال سازگاری گرمایی که متعاقب ۱۲۰ دقیقه تمرین تداومی در دمای محیطی ۴۹ درجه، با شدت ۴۵ درصد VO_{2max} و طی ۹ روز متوالی به‌دست می‌آید، موجب افزایش ۲ و ۴ درصدی VO_{2max} به‌ترتیب در محیط طبیعی و گرم می‌شود (۳۲). لورنزو[3] و همکاران (۲۰۱۰) نیز از دوچرخه‌سواران تمرین‌کرده، در دمای محیطی ۳۸ و ۱۳ درجهٔ سانتی‌گراد استفاده کردند و نشان دادند که برنامهٔ سازگاری گرمایی، VO_{2max} را تا ۸ و ۵ درصد به‌ترتیب در محیط گرم و محیط نسبتاً سرد (۱۳ درجه)، و توان خروجی در آستانهٔ لاکتات را تا ۵

1. Heat acclimation
2. Sawka
3. Lorenzo

درصد در هر دو شرایط افزایش می‌دهد (۲۳). با اشاره بر افزایش عملکرد افرادی که در شرایط محیطی گرم تمرین می‌کنند، می‌توان نتیجه گرفت گرمای محیطی به‌عنوان یک مکمل، به پیشرفت و افزایش کارایی تمرین ورزشکاران کمک می‌کند. از آنجا که مطالعات انجام‌گرفته نشان داده‌اند افرادی که در محیط گرم به تمرینات تداومی سنتی می‌پردازند نسبت به افرادی که همین تمرین را در محیطی با دمای طبیعی انجام می‌دهند از فواید عملکردی بیشتری بهره برده‌اند (۳۱)، به‌نظر می‌رسد انجام HIT در محیط گرم موجب بهبود بیشتر عملکرد هوازی و بی‌هوازی نسبت به انجام همین تمرین در محیط طبیعی شود و کارایی این پروتکل تمرینی را افزایش دهد. از آنجا که براساس یافته‌های موجود تمام پژوهش‌ها HIT را در محیط طبیعی انجام داده بودند و هیچ‌یک از آنها گرما را به‌عنوان مکمل در پژوهش خود برای مطالعهٔ سازگاری‌های بیشتر بررسی نکرده بودند، پژوهشگران بر آن شدند تا اثر تمرین تناوبی شدید در محیط گرم را به‌عنوان یک مکمل، در بهبود کارایی این نوع تمرین بر عملکرد هوازی و بی‌هوازی مردان فعال بررسی کنند.

روش‌شناسی

جامعهٔ آماری پژوهش حاضر دانشجویان پسر رشتهٔ تربیت بدنی دانشگاه خوارزمی بودند که در قالب کلاس‌های آموزشی حداقل شش ساعت و به‌عنوان تمرینات تخصصی حداقل شش ساعت در طول هفته به فعالیت ورزشی می‌پرداختند. در ابتدا ۳۳ نفر داوطلبانه پرسشنامهٔ ارزیابی پزشکی را تکمیل کردند. پس از آگاهی از تمام مراحل پژوهش و اطمینان از اینکه در هر زمان بتوانند پژوهش را ترک کنند، رضایت خود را به‌صورت کتبی برای حضور در برنامه اعلام کردند و با استفاده از آزمون فزایندهٔ بیشینه روی نوار گردان (Valiant, Netherlands Lode treadmill) به‌منظور برآورد vVO_{2max} ارزیابی شدند. پس از مشخص شدن نتایج پیش‌آزمون، به‌منظور به حداقل رساندن اختلافات بین‌گروهی ۲۴ نفر از آنها انتخاب شدند تا از لحاظ سن، قد، وزن و آمادگی به‌طور مناسب در سه گروه به‌طور مساوی و جفت‌های جورشده تقسیم شوند (جدول ۱). همچنین از آزمودنی‌ها خواسته شد هیچ‌گونه فعالیتی غیر از فعالیت‌های معمول خود انجام ندهند و مکمل غذایی یا دارویی در حین دورهٔ پژوهش مصرف نکنند. یک هفته پیش از آغاز تمرینات و همچنین پس از دو هفته تمرین، آزمودنی‌ها یک آزمون ورزشی فزاینده به‌منظور برآورد vVO_{2max} و همچنین آزمون زمان تا واماندگی با شدت vVO_{2max} (T_{max}) و یک آزمون

وینگیت[1] را نیز اجرا کردند. سه آزمون ذکرشده با فاصلهٔ ۴۸ ساعت از هم اجرا شدند. شایان ذکر است که تمامی اندازه‌گیری‌ها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در محیط طبیعی (دمای ۱±۲۳ درجه و رطوبت ۵±۳۵ درصد) به انجام رسید.

جدول ۱. مشخصات فردی آزمودنی‌ها (M±SD)

	تعداد	وزن (کیلوگرم)	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	چربی (درصد)	vVO_{2max} (کیلومتر بر ساعت)
گروه محیط گرم	۸	۷۰/۲۵±۷/۷۲	۲۲/۲۵±۱/۵۸	۱۷۷/۷۵±۲/۹۶	۸/۸۸±۳/۰۲	۱۶/۶۲±۱/۳۰
گروه محیط طبیعی	۸	۶۸/۲۵±۴/۵۲	۲۳±۱/۳۰	۱۷۶/۵۵±۴/۹۸	۸/۶۷±۲/۴۳	۱۶/۷۵±۱/۱۶
گروه کنترل	۸	۷۱/۸۶±۹/۷۸	۲۳/۵±۱/۷۷	۱۷۷/۲۹±۶/۱۳	۹/۳۷±۲/۶۹	۱۶/۶۲±۱/۴۰

آزمون فزایندهٔ بیشینه روی نوار گردان

به‌منظور برآورد vVO_{2max}، آزمودنی‌ها آزمون فزاینده‌ای را اجرا کردند که شامل ۳ دقیقه راه رفتن با سرعت ۶ کیلومتر در ساعت با شیب صفر درجه برای گرم کردن بود و پس از آن در هر دقیقه افزایش سرعت به‌صورت یک کیلومتر در ساعت تا رسیدن به واماندگی ادامه پیدا می‌کرد (۳). سرعت نهایی درصورتی‌که یک دقیقهٔ کامل به انجام می‌رسید، به‌عنوان vVO_{2max} در نظر گرفته شد و درصورتی‌که آخرین مرحله کمتر از یک دقیقه انجام می‌گرفت، سرعت مرحلهٔ قبل به‌عنوان این شاخص در نظر گرفته شد.

آزمون زمان تا واماندگی با شدت vVO2max (Tmax)

آزمودنی‌ها در ابتدا ۱۵ دقیقه مرحلهٔ گرم کردن را انجام دادند. این مرحله شامل ۷ دقیقه دویدن روی نوار گردان با سرعت حدود ۵۰ درصد vVO_{2max} و سپس ۷ دقیقه حرکات کششی بود. پس از این مراحل سرعت نوار گردان صفر می‌شد و پس از اعلام آمادگی آزمودنی، سرعت در کمتر از یک دقیقه به حد سرعت vVO_{2max} افزایش می‌یافت و از آن لحظه به بعد زمان ثبت می‌شد. در حین آزمون، آزمودنی‌ها به گونهٔ زبانی تشویق می‌شدند. توقف آزمون به ارادهٔ خود آزمودنی بود و هنگامی انجام می‌گرفت که آزمودنی توانایی ادامهٔ کار را نداشت. با توقف آزمون، زمان به‌دست‌آمده براساس واحد ثانیه ثبت و به‌عنوان شاخص T_{max} و همچنین مسافتی که آزمودنی‌ها در این آزمون دویده بودند، براساس

1.Wingate test

واحد متر ثبت و به‌عنوان شاخص مسافت حداکثر سرعت توان هوازی گزارش شد (۳). همچنین نمونه‌های خونی برای سنجش لاکتات با استفاده از دستگاه لاکتومتر (Lactate Scout, Senslab, German) از انگشت اشاره در حالت استراحت و در دقیقهٔ ۳ پس از انجام تست T_{max} گرفته شد. براساس پایلوت‌های فراوان این مدت زمان، زمانی بود که لاکتات بیشترین مقدار را پس از این آزمون نشان می‌داد. بدین منظور ابتدا نوک انگشت اشارهٔ آزمودنی‌ها به‌وسیلهٔ پنبهٔ آغشته به الکل تمیز می‌شد. سپس با لانست سوراخ کوچکی روی انگشت ایجاد و خون ابتدایی با پنبه پاک و لاکتات از نمونهٔ دوم خونی دریافت می‌شد (۹). نمونهٔ خونی پایه ۱۰ دقیقه پیش از شروع آزمون در وضعیت نشسته و در حالت استراحتی گرفته شد.

نحوهٔ تعیین شاخص‌های عملکرد بی‌هوازی

از آزمون وینگیت برای اندازه‌گیری توان بی‌هوازی استفاده شد. این آزمون شامل ۳۰ ثانیه رکاب زدن با حداکثر توان فرد و مقاومتی (وزنه‌ای) معادل ۷/۵ درصد وزن بدن بود. با استفاده از آزمون وینگیت توان حداکثر (PPO)[1] و متوسط (MPO)[2] به‌دست می‌آمد. روش اجرای آزمون به این صورت بود که ابتدا آزمودنی با مقاومت کم (۵۰ وات) به مدت ۱۰ دقیقه به‌منظور گرم کردن روی چرخ کارسنج رکاب می‌زد، با پایان یافتن این زمان و با دستور پژوهشگر، آزمودنی سرعت رکاب زدن خود را افزایش می‌داد. همزمان با افزایش میزان رکاب زدن و با اطلاع آزمودنی، مقاومت وزنه‌ها توسط پژوهشگر (اپراتور نرم‌افزار آزمون وینگیت) روی رکاب اعمال می‌شد که ۳۰ ثانیهٔ اصلی آزمون نیز همزمان با اضافه شدن مقاومت شروع می‌شد. حین اجرای آزمون پژوهشگر دوم به‌صورت کلامی به آزمودنی برای به‌کار بردن حداکثر توان انگیزه می‌داد. پس از اجرای آزمون فرد به مدت ۵ دقیقه روی چرخ کارسنج به‌منظور سرد کردن رکاب می‌زد. آزمون وینگیت روی چرخ کارسنج مونارک_ 894E ساخت سوئد اجرا شد (۹).

برنامهٔ تمرین

آزمودنی‌های گروه محیط طبیعی تمام تمرینات خود را در محیط طبیعی و آزمودنی‌های گروه گرم تمام دورهٔ تمرینی خود را در محیط گرم شبیه‌سازی‌شدهٔ آزمایشگاهی انجام دادند. تمام آزمودنی‌های دو گروه تمرین را شش جلسه در هفته و به مدت دو هفته، پیش از آغاز فصل گرما شروع کردند. گروه کنترل در طول پژوهش فعالیتی انجام نمی‌دادند، در واقع تفاوت میزان فعالیت گروه کنترل با دو گروه

1. Peak Power Output
2. Mean Power Output

دیگر تنها تمریناتی بود که برای دو گروه محیطی گرم و طبیعی در نظر گرفته شده بود. طراحی روش تمرین براساس پژوهش بارتلت[1] (۲۰۱۱) با کمی تغییر انجام گرفت. بارتلت با مقایسهٔ دو روش تمرین استقامتی تداومی و تناوبی شدید، تمرین تناوبی را به‌گونه‌ای طراحی کرده بود که آزمودنی‌ها شش نوبت ۱۸۰ ثانیه با شدت ۹۰ درصد VO_{2max}و شش نوبت تناوبی ۱۸۰ ثانیه جهت استراحت فعال با شدت ۵۰ درصد VO_{2max} را اجرا کرده بودند (۷). به‌عبارتی مدت زمان انجام تمرین اصلی به‌همراه استراحت فعال ۳۶ دقیقه در هر جلسه بود و از آنجا که طبق مبانی نظری لازمهٔ رسیدن به سازگاری گرمایی تمرین روزانه به مدت حداقل ۳۰ دقیقه در معرض گرماست، این پروتکل از لحاظ زمانی مناسب به‌نظر می‌رسید. بنابراین با الگوگیری از این پروتکل و با پایلوت‌های فراوان از نظر شدت و مدت تمرین طی یک جلسه تمرین در محیط گرم، به‌منظور عملی بودن اجرای آن طی دورهٔ تمرین این پروتکل تعدیل شد. بدین منظور هفتهٔ اول تمرین شامل ۵ نوبت۱۵۰ ثانیه‌ای دویدن روی نوار گردان با شدت ۸۵ درصد vVO_{2max} بود که هر نوبت، با ۱۵۰ ثانیه دویدن و شدت ۵۰ درصد vVO_{2max} به‌عنوان ریکاوری از هم جدا می‌شد. سپس آزمودنی‌ها در هفتهٔ دوم با افزایش فشار به میزان ۵ درصد به‌عنوان اضافه‌بار، همان تمرین هفتهٔ اول را با ۵ نوبت ۱۵۰ ثانیه‌ای دویدن روی نوار گردان با شدت ۹۰ درصد vVO_{2max} با ۱۵۰ ثانیه دویدن و شدت ۵۰ درصد vVO_{2max} به‌عنوان ریکاوری به اتمام رساندند.

طراحی اتاقک گرمایی

از آنجا که لازمهٔ رسیدن به سازگاری گرمایی تمرین در محیط گرم تحت کنترل و شبیه‌سازی‌شدهٔ آزمایشگاهی است، محفظه‌ای به ابعاد ۳×۳/۵×۳/۵ متر و پوشیده از نایلون طراحی شد، به‌طوری‌که هوا به‌طور مداوم تنها از قسمت پایین این اتاقک با محیط بیرون از خود جریان داشت. حدود ۹۰ دقیقه پیش از شروع فعالیت، به‌منظور بالا بردن دمای اتاقک و تنظیم رطوبت، هیترهای گرمایشی برقی (Gosonic-208, Turkey) و دستگاه رطوبت‌ساز (Hitec, hi-ah26fs, Canada) روشن می‌شد تا زمانی‌که دمای محیط شبیه‌سازی‌شده به ۱±۴۰ درجه می‌رسید. به‌منظور کنترل اثر احتمالی رطوبت و حذف مقدار اختلاف بین دو محیط، میزان رطوبت محیط گرم شبیه‌سازی‌شده با توجه به میزان رطوبت محیط طبیعی به‌وسیلهٔ دستگاه رطوبت‌ساز یکسان می‌شد که این میزان طی روزهای تمرین در دامنهٔ ۵±۳۵٪ بود. میزان دما و رطوبت در تمام روزهای تمرینی به‌طور یکنواخت به‌صورت دستی تنها توسط پژوهشگر در دامنهٔ تعریف‌شده کنترل می‌شد.

1. Bartlet

روش تجزیه‌وتحلیل آماری

به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از روش‌های آماری توصیفی و استنباطی استفاده شد. از آمار توصیفی برای محاسبهٔ میانگین و انحراف استاندارد داده‌ها، و از آمار استنباطی برای مقایسهٔ گروه‌ها با هم استفاده شد. توزیع طبیعی داده‌ها و همگنی واریانس‌ها به‌ترتیب با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و آزمون لوین تأیید شد. برای مقایسهٔ میانگین‌های درون‌گروهی از روش آماری T وابسته و برای بررسی تغییرات بین‌گروهی از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه در سطح معناداری P<۰/۰۵ استفاده شد. از آزمون تعقیبی HSD برای تشخیص اختلاف هر یک از میانگین‌ها استفاده شد. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و رسم نمودارها، هر دو از نرم‌افزار SPSS16 استفاده شد.

نتایج

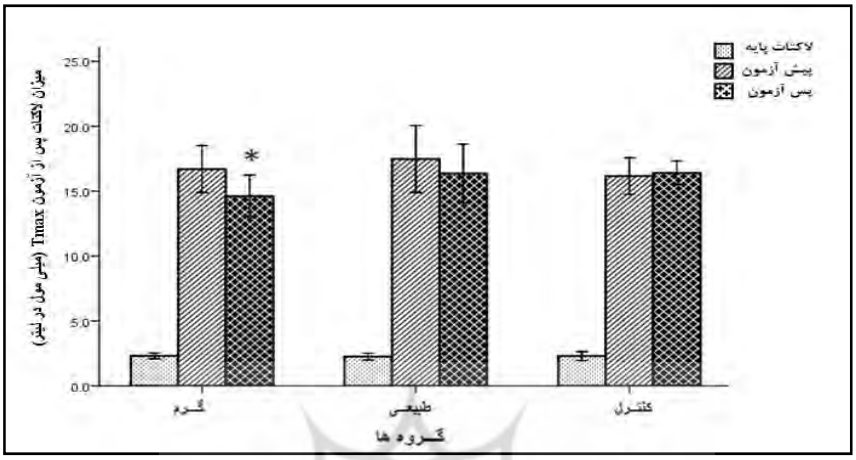
در نتیجهٔ تمرینات، گروه محیط گرم افزایش معناداری را در vVO_{2max} (۱۴/۳ درصد)، T_{max} (۱۶/۳ درصد)، مسافت حداکثر سرعت توان هوازی (۳۳/۴ درصد) و میانگین توان بی‌هوازی (۴۰/۱ درصد) نسبت به گروه طبیعی و کنترل و همچنین افزایش معناداری را در حداکثر توان بی‌هوازی (۱۵ درصد) تنها نسبت به گروه کنترل از خود نشان داد.

گروه محیط طبیعی افزایش معناداری در vVO_{2max} (۸/۲ درصد)، مسافت حداکثر سرعت توان هوازی (۱۴/۲ درصد)، حداکثر توان بی‌هوازی (۱۲ درصد) و میانگین توان بی‌هوازی (۱۷/۵ درصد) تنها نسبت به گروه کنترل داشت. گروه کنترل نیز در هیچ‌یک از شاخص‌های هوازی و بی‌هوازی تفاوت معنی‌داری از خود نشان نداد (جدول ۲). در مقایسهٔ پس‌آزمون با پیش‌آزمون حداکثر غلظت لاکتات خون اندازه‌گیری‌شده بعد از آزمون T_{max}، تنها گروه تمرین در محیط گرم، به‌طور معناداری به مقدار ۱۲/۶- درصد کاهش داشت (P=۰/۰۴۴) (شکل ۱).

جدول ۲. شاخص‌های اجرای هوازی و بی‌هوازی پیش و پس از تمرینات (M±SD)

متغیرها	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	P	%Δ
vVO_{2max} (کیلومتر بر ساعت)	گرم ⁑$\bar{T}$	۱۶/۶۲ ±۱/۳۰	۱۹ ±۰/۹۲	۰/۰۰۰	۱۴/۳
	طبیعی ⁑†	۱۶/۷۵±۱/۱۶	۱۸/۱۲±۱/۱۲	۰/۰۰۴	۸/۲
	کنترل	۱۶/۶۲ ±۱/۴۰	۱۶/۷۵ ±۱/۲۸	NS	۰/۸
T_{max} (ثانیه)	گرم ⁑$\bar{T}$	۲۰۹/۳۸ ±۴۸/۵۷	۲۴۳ ± ۴۸/۱۶	۰/۰۰۶	۱۶/۳
	طبیعی	۲۳۶/۸۸ ± ۴۳	۲۵۰/۷۵±۴۴/۹۰	NS	۵/۹
	کنترل	۲۲۱/۵ ± ۳۹/۱۳	۲۲۳/۱۲ ±۴۳/۲۷	NS	۰/۵
مسافت حداکثر سرعت توان هوازی (متر)	گرم ⁑$\bar{T}$	۹۶۱/۶۲±۲۱۹/۸۹	۱۲۸۲/۷۵±۲۷۰/۵۴	۰/۰۰۰	۳۳/۴
	طبیعی ⁑†	۱۱۰۲/۱۲±۲۲۸/۶۰	۱۲۵۹/۱۲±۲۲۷/۰۹	۰/۰۱۴	۱۴/۲
	کنترل	۱۰۱۹/۲۵±۱۸۹/۷۶	۱۰۳۶/۷۵±۲۱۷/۱۸	NS	۱/۸
حداکثر برون ده توان (وات)	گرم ⁑†	۷۵۸/۷۵ ±۱۴۷/۹۸	۸۷۳±۹۹/۹۸	۰/۰۰۳	۱۵
	طبیعی ⁑†	۷۹۰/۰۲ ±۱۴۱/۷۲	۸۸۵/۳۸±۸۰/۷۷	۰/۰۲۷	۱۲
	کنترل	۸۱۷/۵۱±۱۵۳/۴۱	۸۱۳/۷۵±۱۴۰/۱۹	NS	-۰/۵
میانگین برون‌ده توان (وات)	گرم ⁑$\bar{T}$	۴۶۸/۸۲±۱۰۴/۸۷	۶۵۹/۷۶±۱۱۶/۵۰	۰/۰۰۰	۴۰/۱
	طبیعی ⁑†	۵۷۲/۰۸±۱۱۲/۸۱	۶۷۱/۶۲ ± ۸۰/۲۹	۰/۰۰۳	۱۷/۵
	کنترل	۵۳۷/۹۳±۹۷/۰۲	۵۲۲/۲۸±۵۸/۸۱	NS	-۰/۳

⁑ شاخص تفاوت معناداری بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون داخل گروهی (P<۰/۰۵) . † شاخص تفاوت معناداری با گروه کنترل (P<۰/۰۵). $\bar{T}$؛ شاخص تفاوت معناداری با گروه کنترل و طبیعی (P<۰/۰۵). NS؛ غیرمعنادار.



شکل ۱. میانگین لاکتات پس از آزمون T_{max} سه گروه

بحث و نتیجه‌گیری

مهم‌ترین یافتهٔ پژوهش حاضر این بود که انجام تمرین تناوبی شدید در محیط گرم نسبت به انجام این تمرین در محیط طبیعی موجب افزایش معنادار بیشتری از عملکرد هوازی و برخی از شاخص‌های بی‌هوازی می‌شود.

براساس نتایج پژوهش‌ها سازگاری‌های فیزیولوژیکی HIT مشابه تمرینات استقامتی تداومی سنتی است و حتی با وجود زمان و حجم تمرینی پایین‌تر، در برخی سازگاری‌ها نسبت به تمرینات استقامتی، برتری‌هایی را نشان داده است (۲۷،۸،۶). به‌طور مثال لارسن[1] و همکاران (۲۰۰۲) اثر چهار هفته HIT را در ۱۰ دوچرخه‌سوار تمرین‌کرده بررسی کردند. آنها افزایش معنادار VO_{2peak} (۳درصد)، حداکثر توان هوازی (۳ درصد) و سرعت در آزمون تایم تریل ۴۰ کیلومتر (۴/۳ درصد) را گزارش کردند (۱۹). دوپونت و همکاران (۲۰۰۴) نیز، با بررسی تأثیر HIT نشان دادند که این تمرینات، vVO_{2max} را به مقدار ۸/۱ درصد به‌طور معناداری افزایش می‌دهد (۱۰). اسفرجانی و همکاران (۲۰۰۷)، در مطالعه‌ای روی ۱۶ مرد نسبتاً تمرین‌کرده دریافتند که زمان اجرای ۳۰۰۰ متر دویدن، VO_{2max}، vVO_{2max}، T_{max} و vLT (سرعت در آستانهٔ لاکتات) می‌تواند به‌طور معناداری با برنامه‌های متفاوت HIT در دوندگان نسبتاً

1. Laursen

تمرین‌کرده افزایش یابد (۱۱). همچنین بیاتی و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از برنامهٔ HIT بهبود معناداری را در VO_{2max} و توان در VO_{2max} (P_{max}) و T_{max} گزارش دادند (۱).

در پژوهش حاضر افزایش عملکرد هوازی گروه محیط طبیعی در شاخص‌های vVO_{2max} (۸/۲ درصد) و مسافت حداکثر سرعت توان هوازی (۱۴/۲ درصد) با پیشینهٔ ذکرشده همخوانی داشت، اما مخالف با نتایج شاخص T_{max} پژوهش حاضر، اسفرجانی به مقدار ۳۵/۴ درصد و بیاتی به میزان ۴۸/۵ درصد افزایش معناداری را گزارش کردند (۱۱،۱). این تفاوت احتمالاً مربوط به نوع اندازه‌گیری T_{max} این پژوهشگران است. بیاتی در پژوهش خود روی مردان تمرین‌نکرده مطالعه کرده بود و این شاخص را با استفاده از مدت زمان رکاب زدن روی چرخ کارسنج با شدت P_{max} تا رسیدن به خستگی اندازه گرفته بود که می‌تواند این اختلاف نتایج را تا حد زیادی توجیه کند. همچنین اسفرجانی با استفاده از مدت زمان دویدن تا رسیدن به خستگی، در مطالعهٔ خود شدت پس‌آزمون T_{max} را با همان شدت پیش‌آزمون در نظر گرفته بود. از آنجا که T_{max} مدت زمانی است که آزمودنی با شدت vVO_{2max} به تلاش خود تا رسیدن به واماندگی ادامه می‌دهد، هرچه این شدت بالاتر باشد، آزمودنی زودتر به واماندگی می‌رسد و T_{max} پایین‌تری خواهد داشت. در پژوهش حاضر همان‌طورکه اشاره شد، اندازه‌گیری T_{max} در پس‌آزمون با توجه به پیشرفت vVO_{2max} بوده، بنابراین این مغایرت منطقی به‌نظر می‌رسد. در ضمن مسافتی که آزمودنی‌های گروه محیط طبیعی تحقیق حاضر، در آزمودن T_{max} دویده بودند (مسافت حداکثر سرعت توان هوازی)، به‌طور معناداری از گروه کنترل بیشتر بود که می‌تواند گویای اثربخشی تمرین باشد. در مجموع با توجه به مطالعات صورت‌گرفته، دلایل افزایش عملکرد هوازی و بی‌هوازی را که در پی یک دوره HIT اتفاق می‌افتد، می‌توان در بهبود دامنه‌ای وسیع از سازگاری‌های فیزیولوژیکی همچون افزایش محتوای گلیکوژن استراحتی عضلهٔ اسکلتی (۲۸،۱۴،۶)، حداکثر فعالیت آنزیم‌های گلیکولیتیکی و اکسایشی (۱۴،۸)، ظرفیت بافر کردن H^+ (۱۴) و افزایش اکسیژن مصرفی بیشینه (۲۰،۱۱) جست‌وجو کرد.

از طرف دیگر، نشان داده شده تمرینات استقامتی در محیط گرم، به شمار زیادی از سازگاری‌های فیزیولوژیکی منجر می‌شود که به‌طور تئوری می‌تواند عملکرد ورزش‌های هوازی را در شرایط دمایی دیگر بهبود بخشد (۲۴،۲۳). به‌طور مثال ساوکا و همکاران (۱۹۸۵) پس از اجرای ۹ روز برنامهٔ سازگاری

گرمایی افزایش ۴ درصدیVO_{2max} را در دو محیط گرم و طبیعی نشان دادند (۳۲). فبریو[1] و همکاران (۱۹۹۴) به‌منظور مطالعهٔ متابولیسم عضلانی پس از کسب سازگاری گرمایی نتیجه گرفتند که اتکای بیشتر به کربوهیدرات طی فعالیت در محیط گرم در حد معناداری کاهش می‌یابد (۱۳). همچنین لورنزو و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که برنامهٔ سازگاری گرمایی، VO_{2max} را تا ۸ درصد در محیط گرم و ۵ درصد در محیط نسبتاً سرد ۱۳ درجه‌ای، افزایش می‌دهد و گزارش کردند که سازگاری گرمایی، توان خروجی در آستانهٔ لاکتات را تا ۵ درصد در هر دو شرایط و برون‌ده قلبی را ۵ درصد در محیط گرم و ۱۰ درصد در محیط سرد افزایش می‌دهد (۲۳). در یکی از جدیدترین پژوهش‌ها، چن[2] و همکاران (۲۰۱۳) به‌منظور مطالعهٔ اثر سازگاری گرمایی با پنج روز تمرین در محیط گرم، بهبود معناداری را در شاخص‌های T_{max} ۶/۶٪ ، حداکثر نبض اکسیژن ۱۰ درصد و تعداد ضربان قلب ۱۰-۵ درصد را در محیط گرم نشان دادند (۹).

در مقایسهٔ پژوهش حاضر با پیشینهٔ ذکرشده، افزایش عملکرد هوازی گروه محیط گرم در شاخص‌های vVO_{2max} (۱۴/۳ درصد)، T_{max} (۱۶/۳ درصد) و مسافت حداکثر سرعت توان هوازی (۳۳/۴ درصد) با پژوهش‌های گذشته همخوانی داشت. به‌طور کلی سازگاری‌های فیزیولوژیکی حاصل از انجام تمرین استقامتی تداومی در محیط گرم جهت کسب سازگاری گرمایی شامل کاهش اکسیژن مصرفی زیر بیشینه در یک شدت مشخص از فعالیت (۳۶،۳۰)، کاهش لاکتات خون در یک توان خروجی مشخص (۳۶)، صرفه‌جویی در گلیکوژن عضلات (۳۶،۱۳)، افزایش حجم پلاسما (۳۳)، افزایش بازده قلب (۱۵) و همچنین افزایش کامپلیانس بطنی (۱۶) است.

در پژوهش حاضر این عوامل بررسی نشدند، اما افزایش مشاهده‌شده در شاخص‌های هوازی آزمودنی‌های گروه تمرین در محیط گرم در مقایسه با محیط طبیعی را می‌توان به افزایش بیشتر حجم پلاسما (۳۳)، افزایش بازده قلبی و کامپلیانس بطنی افزایش‌یافته (۱۵،۱۶) و متعاقب آن حجم پایان دیاستولی بیشتر نسبت داد. برای مثال عملکرد قلبی بهبودیافته (برون‌ده قلب و حجم ضربه‌ای) متعاقب یک دوره از فشار گرمایی مزمن با چندین مطالعه که روی حیوان صورت گرفته حمایت می‌شود. چندین مکانیسم و سازگاری متابولیکی در عضلات قلبی رت‌ها گزارش شده است (۲۱،۱۶،۱۵) که از این بین می‌توان به افزایش کامپلیانس و فشار تولیدی بطن چپ و همچنین کاهش اکسیژن مصرفی قلب که پس

1. Febbraio
2. Chen

از سازگاری گرمایی به‌دست می‌آید نیز اشاره کرد (۱۶،۱۵). همچنین گزارش شده که نیروی تولیدی افزایش‌یافتهٔ قلبی، با افزایش غلظت کلسیم سیتوزولی در انقباض همراه است (۲۱).

مکانیسم دیگر سازگاری گرمایی جلوگیری از هیپوکسی ایجادشدهٔ فعالیت در محیط گرم است (۱۳). در واقع هنگامی‌که ورزشکار برای اولین بار در معرض گرما قرار می‌گیرد، به‌علت ناسازگاری با این شرایط محیطی، دمای مرکزی بدن به‌سرعت افزایش می‌یابد که نتیجهٔ این امر افزایش شیب جریان خون مرکزی به سمت پوست است (۱۳). در این شرایط پوست متورم و قرمز شده و با چالش ایجادشده بین خون در دسترس عضلات و پوست، عضلات درگیر فعالیت دچار کمبود خون و در نتیجه هیپوکسی ناشی از کم‌خونی و افت عملکرد می‌شوند (۱۱،۱۳). بنابراین سازگاری که پس از چند روز تمرین در محیط گرم اتفاق می‌افتد، از افزایش شیب ناگهانی خون به سمت پوست جلوگیری می‌کند و با شروع زود هنگام عرق‌ریزی، دمای مرکزی و دمای پوست را سریع‌تر پایین می‌آورد که متعاقب آن، جریان خونی بستر عضله گسترده‌تر و جریان خون پوستی کمتر می‌شود (۱۹). این امر با توجه به حجم کار، به‌طور بالقوه به برون‌ده قلبی اجازه می‌دهد تا درصد بیشتری از حجم خون به‌طور مستقیم به سمت عضلات اسکلتی فعال فرستاده شود و با از بین بردن چالش ایجادشده، از هیپوکسی ناشی از کم‌خونی جلوگیری می‌کند (۲۴،۲۳). این مکانیسم همراه با افزایش میزان سوخت‌وساز هوازی (۳۶،۳۰) و کاهش میزان گلیکوژنولیز (۱۸،۱۳) ناشی از سازگاری گرمایی، به کاهش مصرف اکسیژن در یک حجم کار مطلق داده شده بعد از سازگاری گرمایی منجر می‌شود. در نتیجه، این سازگاری به افراد اجازه می‌دهد تا توان خروجی خود را بالاتر نگه دارند و با کاهش شدت نسبی عملکرد زمانی بهتری از خود نشان دهد (۲۳) که این عوامل می‌تواند دلیلی برای برتری بهبود مدت زمان دویدن با شدت vVO_{2max} و مسافت حداکثر سرعت توان هوازی ناشی از تمرین در محیط گرم نسبت به محیط طبیعی در تحقیق حاضر باشد.

کاهش مقدار لاکتات پس از آزمون T_{max} در تحقیق حاضر تنها در محیط گرم مشاهده شد که در مقایسه با دیگر گروه‌ها این تفاوت معنادار نبود. علت معنادار نبودن تفاوت بین‌گروهی می‌تواند با توجه به مطالعات صورت‌گرفته که نشان داده‌اند هم سازگاری گرمایی (۳۱،۲۴) و هم تمرین تناوبی بدون فشار گرمایی (۱۴) به افزایش حجم پلاسما در طول دورهٔ تمرینی منجر می‌شود توجیه شود، زیرا با افزایش بیشتر حجم پلاسما که بر اثر سازگاری گرمایی صورت می‌گیرد، غلظت میلی‌مولار لاکتات کاهش

می‌یابد و موجب کمرنگ شدن تفاوت بین گروه‌ها می‌شود، اما این افزایش به اندازه‌ای نیست که موجب تفاوت بین گروه‌ها شود.

افزایش حداکثر توان بی‌هوازی (PPO) (۱۲ درصد) و میانگین توان بی‌هوازی (MPO) (۱۷/۵ درصد) در گروه تمرینی محیط طبیعی از دیگر سازگاری‌های مشاهده‌شده در پژوهش حاضر است (جدول ۲)، که این افزایش با پیشینه همخوانی دارد. به‌طور مثال بارنت[1] و همکاران (۲۰۰۴) پس از هشت هفته تمرین تناوبی شدید، افزایش معنادار PPO و MPO را در ۱۶ مرد فعال گزارش کردند (۶). بورگومستر[2] و همکاران (۲۰۰۵) نیز نشان دادند که دو هفته تمرین تناوبی شدید (۳ جلسه در هفته) در مردان فعال موجب افزایش معنادار PPO و MPO می‌شود (۸). همچنین فرزاد و همکاران (۱۳۹۰) افزایش معنادار ۳۴/۹ و ۲۹/۳ درصد را به‌ترتیب در شاخص‌های بی‌هوازی PPO و MPO با به‌کارگیری تمرین تناوبی شدید روی ۱۵ کشتی‌گیر تمرین‌کرده گزارش کردند (۳).

دلایل احتمالی افزایش حداکثر توان و میانگین توان بی‌هوازی را می‌توان افزایش سوبستراهای در دسترس عضله دانست. برای مثال روداس[3] و همکاران (۲۰۰۰) افزایش معنادار فسفوکراتین (۳۱ درصد) و گلیکوژن عضلانی (۳۲ درصد) را پس از دو هفته تمرین روزانهٔ تناوبی شدید گزارش کردند (۲۸). همچنین بورگومستر و همکاران (۲۰۰۵) افزایش محتوای استراحتی گلیکوژن عضله (۲۶ درصد) را با شش جلسه تمرین تناوبی شدید در طول دو هفته گزارش کردند (۸). یکی دیگر از سازوکارهای بهبود اجرای بی‌هوازی در اثر تمرینات تناوبی می‌تواند تغییر در نیمرخ تارهای عضلانی باشد. در همین زمینه جاکوبز[4] و همکاران (۱۹۸۷) به دنبال شش هفته تمرین تناوبی شدید افزایش معناداری را در تارهای تندتنش اکسایشی[5] (FTa) و کاهش غیرمعناداری را در تارهای کندتنش[6](ST) گزارش کردند (۱۷). افزایش آنزیم‌های بی‌هوازی می‌تواند یکی دیگر از سازوکارهای بهبود عملکرد بی‌هوازی باشد. برای مثال لینوسیر[7] و همکاران (۱۹۹۳) افزایش حداکثر فعالیت فسفوفروکتوکیناز (۲۰درصد) و لاکتات دهیدروژناز (۱۹درصد) را پس از هفت هفته تمرین تناوبی شدید گزارش کردند (۲۲). مک دوگال[8] و همکاران

1. Barnett
2. Burgomaster
3. Rodas
4. Jacobs
5. Fast Twitch a (FTa)
6. Slow Twitch (ST)
7. Linossier
8. MacDougall

(۱۹۹۸) نشان دادند که هفت هفته تمرین تناوبی شدید به افزایش معنادار فعالیت آنزیم‌های هگزوکیناز و فسفوفروکتوکیناز پس از تمرینات منجر می‌شود (۲۵) که در مطالعهٔ حاضر اندازه‌گیری نشده‌اند، ولی از یافته‌های مذکور می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً بخشی از بهبود عملکرد بی‌هوازی در محیط طبیعی و گرم در این مطالعه می‌تواند مربوط به افزایش آنزیم‌های بی‌هوازی (۲۵،۲۲)، افزایش سوبستراهای در دسترس عضله (۲۸)، صرفه‌جویی در مصرف محتوای گلیکوژن عضله (۸) و تغییر در نیمرخ تارهای عضلانی (۱۷) باشد.

مطالعات مربوط به سازگاری گرمایی به‌طور مستند نشان داده اند که با ایجاد سازگاری های فیزیولوژیکی بسیار می تواند عملکرد بی هوازی را بهبود بخشد. این سازگاری‌های فیزیولوژیکی ناشی از سازگاری گرمایی شامل افزایش آستانهٔ لاکتات و کاهش لاکتات تولیدی عضلات (۳۶)، افزایش پاکسازی لاکتات و متعاقب آن افزایش نیروی تولیدی عضلات (۳۶،۳۰) و همچنین صرفه‌جویی در مصرف گلیکوژن عضلات (۳۶،۱۳) است. بنابراین فرض اینکه سازگاری گرمایی عملکرد بی‌هوازی را بهبود می‌بخشد، منطقی است و با توجه به مکانیسم‌های ذکرشده تمرین تناوبی با شدت بالا در بهبود عملکرد بی‌هوازی، می‌توان نتیجه گرفت هنگامی‌که این تمرین در محیط گرم انجام می‌گیرد، محیط گرم به‌عنوان یک اضافه‌بار عمل می‌کند و پس از یک دوره تمرین در این شرایط محیطی، بر اثر سازگاری گرمایی کسب‌شده، فواید عملکردی این تمرین نسبت به محیط طبیعی برجسته‌تر می‌شود که این دلیلی برای افزایش معنادار میانگین توان بی‌هوازی گروه تمرین تناوبی محیط گرم نسبت به محیط طبیعی است.

از آنجا که میانگین توان بی‌هوازی شاخص مقاومت در برابر خستگی است، می‌توان نتیجه گرفت که انجام تمرین تناوبی در محیط گرم، موجب بهبود بیشتر شاخص مقاومت در برابر خستگی نسبت به انجام این تمرین در محیط طبیعی می‌شود. همچنین با توجه به اینکه حداکثر توان بی‌هوازی مستقل از مقاومت در برابر خستگی بوده و تفاوت حداکثر توان بین دو گروه تمرینی معنادار نبود، می‌توان گفت که تمرین تناوبی شدید در محیط گرم مزیت چندانی نسبت به انجام این تمرین در محیط طبیعی ندارد، زیرا عوامل مداخله‌گر دیگری چون انتقال تارهای عضلانی به سمت تارهای تندانقباض و سیستم انرژی کراتین فسفات که از جمله تعیین‌کننده‌های حداکثر توان بی‌هوازی هستند، نتوانسته‌اند به‌طور مؤثری نسبت به گروه طبیعی تقویت شوند.

به‌طور کلی نتایج نشان داد دو هفته تمرین تناوبی با شدت بالا در محیط گرم، عملکرد هوازی و برخی شاخص‌های عملکرد بی‌هوازی را نسبت به محیط طبیعی به‌طور معناداری افزایش می‌دهد. بنابراین به‌نظر می‌رسد عوامل مذکور در مکانیسم سازگاری گرمایی می‌تواند آثار تمرین تناوبی با شدت بالا را در محیط گرم نسبت به محیط طبیعی برجسته‌تر سازد و گرما را به‌عنوان یک مکمل تمرینی استفاده کند. به هر حال از آنجا که در زمینهٔ تأثیر تمرین تناوبی شدید در محیط گرم بر عملکرد هوازی و بی‌هوازی مطالعه‌ای یافت نشد، قضاوت در خصوص تأثیر تمرین تناوبی شدید در محیط گرم بر عملکرد هوازی و بی‌هوازی به مطالعهٔ بیشتری نیاز دارد.

منابع و مآخذ

۱. بیاتی، مهدی؛ قراخانلو، رضا؛ آقاعلی‌نژاد، حمید؛ فرزاد، بابک. (۱۳۹۰). «تأثیر برنامهٔ تمرین تناوبی سرعتی شدید بر اجرای هوازی و بی‌هوازی مردان تمرین‌نکرده»، پژوهش در علوم ورزشی، ص ۴۰-۲۵.

۲. ستاری‌فرد، صادق؛ گایینی، عباسعلی؛ چوبینه، سیروس. (۱۳۹۱). «تغییرات کورتیزول و لاکتات خون ورزشکاران پس از یک جلسه فعالیت ورزشی در شرایط دمایی سرد، گرم و طبیعی»، مجلهٔ غدد درون‌ریز و متابولیسم ایران. ص ۱۷۷-۱۶۹.

۳. فرزاد، بابک؛ قراخانلو، رضا؛ بیاتی، مهدی؛ آقاعلی‌نژاد، حمید؛ بهرامی‌نژاد، مرتضی؛ محرابیان، فرهاد. (۱۳۹۰). «اثر یک دوره تمرین تناوبی شدید بر منتخبی از شاخص‌های عملکرد هوازی، بی‌هوازی و هماتولوژیکی ورزشکاران»، پژوهش در علوم ورزشی، ص ۸۸-۶۹.

4. Aleksander Tayka TP. The influence of ambent temperature on power anaerobic thershold determinedbased on blood lactate concentration and myoelectric signals. 2009.

5. Astorino T, Baker J, Brock S, Dalleck L, Goulet E, Gotshall R, et al. Physiological Responses of Distance Runners during Normal and Warm Conditions. Journal of Exercise Physiologyonline. 2013;16(2).

6. Barnett C, Carey M, Proietto J, Cerin E, Febbraio M, Jenkins D. Muscle metabolism during sprint exercise in man: influence of sprint training. Journal of Science and Medicine in Sport. 2004;7(3):314-22.

7. Bartlett JD, Close GL, MacLaren DP, Gregson W, Morton JP. High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: implications for exercise adherence. Journal of sports sciences. 2011;29(6):547-53.

8. Burgomaster KA, Hughes SC, Heigenhauser GJ, Gibala MJ. Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. Journal of applied physiology. 2005;98(6):1985-90.
9. Chen T-I, Tsai P-H, Lin J-H, Lee N-Y, Liang M. Effect of short-term heat acclimation on endurance time and skin blood flow in trained athletes. 2013.
10. Dupont G, Akakpo K, Berthoin S. The effect of in-season, high-intensity interval training in soccer players. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2004;18(3):9-584
11. Esfarjani F, Laursen PB. Manipulating high-intensity interval training: Effects on, the lactate threshold and 3000m running performance in moderately trained males. Journal of science and medicine in sport. 2007;10(1):27-35.
12. Febbraio M, Snow R, Stathis C, Hargreaves M, Carey M. Effect of heat stress on muscle energy metabolism during exercise. Journal of Applied Physiology. 1994;77(6):2827-31.
13. Febbraio MA, Snow R, Hargreaves M, Stathis C, Martin I, Carey M. Muscle metabolism during exercise and heat stress in trained men: effect of acclimation. Journal of Applied Physiology. 1994;76(2):589-97.
14. Gibala MJ, Little JP, Van Essen M, Wilkin GP, Burgomaster KA, Safdar A ,et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. The Journal of physiology. 2006;575(3):901-11.
15. Horowitz M, Parnes S, Hasin Y. Mechanical and metabolic performance of the rat heart: effects of combined stress of heat acclimation and swimming training. Journal of basic and clinical physiology and pharmacology. 1993;4(1-2):139-56.
16. Horowitz M, Shimoni Y, Parnes S, Gotsman M, Hasin Y. Heat acclimation- Cardiac performance of isolated rat heart. Journal of Applied Physiology. 1986;60(1):9-13.
17. Jacobs I, Esbjornsson M, Sylven C, Holm I, Jansson E. Sprint training effects on muscle myoglobin, enzymes, fiber types, and blood lactate. Med Sci Sports Exerc. 1987;19(4):368-74.
18. Kirwan JP, Costill DL, Kuipers H, Burrell MJ, Fink WJ, Kovaleski JE, et al. Substrate utilization in leg muscle of men after heat acclimation. Journal of Applied Physiology. 1987;63(1):31-5.
19. Laursen PB, Shing CM, Peake JM, Coombes JS, Jenkins DG. Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2002;34(11):1801-7.
20. Laursen PB, Shing CM, Peake JM, Coombes JS, Jenkins DG. Influence of high-intensity interval training on adaptations in well-trained cyclists. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2005;19(3):527-33.
21. Levy E, Hasin Y, Navon G. Chronic heat improves mechanical and metabolic response of trained rat heart on ischemia and reperfusion. American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology. 1997;272(5):H2085-H94.

22. Linossier M-T, Denis C, Dormois D, Geyssant A, Lacour J. Ergometric and metabolic adaptation to a 5-s sprint training programme. European journal of applied physiology and occupational physiology .1993;67(5):408-14.
23. Lorenzo S, Halliwill JR, Sawka MN, Minson CT. Heat acclimation improves exercise performance. Journal of Applied Physiology. 2010;109(4):1140-7.
24. Lorenzo S, Minson CT. Heat acclimation improves cutaneous vascular function and sweating in trained cyclists. Journal of Applied Physiology. 2010;109(6):1736-43.
25. MacDougall JD, Hicks AL, MacDonald JR, McKelvie RS, Green HJ, Smith KM. Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. Journal of Applied Physiology. 1998;84(6):2138-42.
26. Mündel T, Cox JP, Jones DA. Exercise, heat stress and the interleukin-6 response: support for temperature-mediated neuroendocrine regulatory mechanisms. Medicina Sportiva. 2010;14(3):96-102.
27. Parra J, Cadefau J, Rodas G, Amigo N, Cusso R. The distribution of rest periods affects performance and adaptations of energy metabolism induced by high-intensity training in human muscle. Acta physiologica scandinavica. 2000;169(2):157-66.
28. Rodas G, Ventura JL, Cadefau JA, Cussó R, Parra J. A short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. European journal of applied physiology. 2000;82(5-6):480-6.
29. Rowell LB, Brengelmann GL, Blackmon JR, Twiss RD, Kusumi FO. Splanchnic blood flow and metabolism in heat-stressed man. Journal of applied physiology. 1968;24(4):475-84.
30. Sawka M, Pandolf K, Avellini B, Shapiro Y. Does heat acclimation lower the rate of metabolism elicited by muscular exercise? Aviation, space, and environmental medicine. 1983;54(1):27-31.
31. Sawka MN, Leon LR, Montain SJ, Sonna LA. Integrated physiological mechanisms of exercise performance, adaptation, and maladaptation to heat stress. Comprehensive Physiology. 2011.
32. 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):294-8.
33. Sawna MN, Coyle EF. 6 Influence of Body Water and Blood Volume on Thermoregulation and Exercise Performance in the Heat. Exercise and sport sciences reviews. 1999;27(1):167-218.
34. Tucker R, Rauch L, Harley YX, Noakes TD. Impaired exercise performance in the heat is associated with an anticipatory reduction in skeletal muscle recruitment. Pflügers Archiv. 2004;448(4):442-30.
35. Weledji E, Assob J, Verla V, Meli C. How to Improve Performance in Sport ,a Review. Physiology and Pharmacology Advances. 2013:131-8.
36. Young AJ SM, Levine L, Cadarette BS, Pandolf KB. Skeletal muscle metabolism during exercise is influenced by heat acclimation. Journal of Applied Physiology. 1985.