

بررسی تغییرات برخی از شاخص‌های فیزیولوژیک، زمان ماندن در VO_2max و میزان ادراک فشار کار در فعالیت‌های تداومی و تناوبی شدید در دوندگان استقامتی

احسان اصغری^۱، دکتر ارسلان دمیرچی^۲، دکتر حمید محبی^۳

چکیده:

سابقه و هدف: پیشرفت علمی در زمینه دو و میدانی این دیدگاه را برای دوندگان فراهم آورده است که برای رسیدن و ماندن در VO_2max روش‌های زیادی وجود دارد، بنابراین به نظر می‌رسد که معرفی و کشف متغیرهای تعیین کننده راه کار مناسبی برای آنها باشد. هدف پژوهش، بررسی متغیرهای فیزیولوژیکی منتخب، زمان ماندن در VO_2max (TVO_2max) و میزان ادراک فشار کار (RPE) طی دویدن‌های تداومی و تناوبی با شدت vVO_2max (حداقل سرعتی که آزمودنی به VO_2max می‌رسد) بود.

روش‌شناسی: ۸ پسر دانشجوی دوندۀ استقامتی با سن $25/5 \pm 2/92$ سال، قد $174/62 \pm 4/98$ سانتی‌متر، وزن $69/5 \pm 7/34$ کیلوگرم و توان هوازی $47/38 \pm 3/22$ میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه در یک نوبت فعالیت تداومی و سه نوبت فعالیت تناوبی با نسبت فعالیت به استراحت 30 ثانیه به 15 ثانیه (IT_1)، 60 ثانیه به 30 ثانیه (IT_2) و 120 ثانیه به 60 ثانیه (IT_3) به صورت تصادفی شرکت کردند. نسبت تبادل تنفسی (RER)، ضربان قلب (HR)، اکسیژن مصرفی (VO_2)، TVO_2max و RPE هنگام فعالیت دویدن تحت بار کاری معین ثبت گردید. به منظور مقایسه تفاوت میانگین‌ها از آزمون آماری تحلیل واریانس یکطرفه و از آزمون تعقیبی توکی برای بررسی تفاوت میانگین‌ها استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج پژوهش نشان داد که بین گروه تداومی (C) و گروه‌های تناوبی در همه متغیرها تفاوت معناداری وجود دارد ($P < 0/05$). همچنین در مورد متغیرهای HR، VO_2 و TVO_2max بین میانگین گروه‌های تناوبی IT_1 و IT_3 تفاوت معناداری حاصل شد. این تفاوت معنادار در مورد متغیر RER بین گروه IT_3 با گروه‌های IT_1 و IT_2 و در مورد متغیر RPE بین میانگین همه گروه‌ها به دست آمد ($P < 0/05$).

بحث و نتیجه‌گیری: این نتایج نشان داد که فعالیت‌های تناوبی به ویژه فعالیت‌های تناوبی کوتاه‌تر، علاوه بر این که می‌توانند RPE ورزشکار را کاهش دهند، به ورزشکار اجازه می‌دهد تا مدت زمان بیشتری را در VO_2max نسبت به فعالیت تداومی و یا فعالیت‌های تناوبی با وهله‌های طولانی‌تر، باقی مانده و به فعالیت بپردازد.

واژه‌های کلیدی: دوندۀ استقامتی، نسبت تبادل تنفسی، مقدار اکسیژن مصرفی، حداقل سرعتی که آزمودنی به VO_2max می‌رسد، زمان ماندن در VO_2max .

مقدمه

معمولاً در طراحی برنامه‌های تمرینی ورزشکاران که به بهبود و گسترش ظرفیت‌های قلبی-عروقی و به ویژه $\dot{V}O_2\max$ آنها منجر می‌شود، از مدل‌های مختلف تداومی و تناوبی استفاده شده است (۱،۲،۳). از آنجا که پیشرفت علمی در زمینه دو و میدانی این دیدگاه را برای دوندگان فراهم آورده است که برای رسیدن و ماندن در $\dot{V}O_2\max$ روش‌های زیادی وجود دارد، بنابراین به نظر می‌رسد که معرفی و کشف متغیرهای تعیین کننده راه کار مناسبی برای آنها باشد. مطالعات نشان می‌دهد که بیشترین بهبودهای قلبی-عروقی و $\dot{V}O_2\max$ زمانی اتفاق می‌افتد که فعالیت ورزشی با شدت ۹۰ تا ۱۰۰ درصد $\dot{V}O_2\max$ صورت گرفته و مدت زمان باقی ماندن در این شدت یا نزدیک به آن در سراسر فعالیت افزایش یابد (۳). همچنین مطالعات نشان داده‌اند هنگامی که هدف افزایش $\dot{V}O_2\max$ باشد، $v\dot{V}O_2\max$ شدت مطلوب فعالیت به شمار می‌رود. به طوری که این سرعت ممکن است در فراهم کردن انقباض عضلانی موثر، کارایی بالای دویدن و نگهداری انتقال اکسیژن در سطح بالا، موثر واقع شود (۴،۵،۶،۷). منطق فیزیولوژیک تمرین در شدت $v\dot{V}O_2\max$ می‌تواند حد بیشینه فشار میوکاردی و اضافه بار حجمی باشد که هنگام این شدت به دست می‌آید (۵،۸،۹،۱۰). این اضافه بار مکانیکی مهمترین محرک قلبی است که به واسطه آن حداکثر حجم ضربه‌ای، مهم‌ترین مشخصه $\dot{V}O_2\max$ ، افزایش می‌یابد (۱۱). برخی از مطالعات که به بررسی فشارهای فیزیولوژیک در طی فعالیت‌های مختلف پرداختند نتیجه گرفتند که فعالیت‌های تداومی نسبت به فعالیت‌های تناوبی فشار فیزیولوژیک بیشتری را بر سیستم قلبی-عروقی و انتقال اکسیژن ورزشکار وارد کرده که این امر ممکن است زمان باقی ماندن در یا نزدیک $\dot{V}O_2\max$ را افزایش داده و منجر به بهبود بیشتری در ظرفیت هوازی و عملکرد استقامتی ورزشکار نسبت به فعالیت‌های تناوبی با همین شدت شود (۱۲). همچنین از آنجایی که در طی فعالیت تداومی با شدت بالا فشار فیزیولوژیک افزایش می‌یابد، بنابراین ممکن است این فعالیت‌ها با بالا نگه داشتن سطح HR و $\dot{V}O_2$ در طول فعالیت منجر به سازگاری‌های ظرفیتی و عملکردی بیشتر نسبت به فعالیت‌های تناوبی در ورزشکاران گردند. این در حالی است که برخی از مطالعات نشان می‌دهند که فعالیت‌های تداومی شدید منجر به بالا رفتن RER^3 و RPE^4 در طی فعالیت شده که این امر می‌تواند زمان کل فعالیت و $\text{TVO}_2\max^5$ را کاهش داده که در نهایت بهبود عملکرد را با پیشرفت کمتری مواجه کند. اگرچه ممکن است تاثیر منفی این متغیرها بر کل فعالیت به اندازه تاثیر مثبت برخی از متغیرهای فیزیولوژیک دیگر نظیر HR نباشد (۴،۶،۱۳). بنابراین علی‌رغم انجام پژوهش‌های بسیار در مورد بررسی متغیرهای فیزیولوژیک در طی فعالیت‌های تداومی و تناوبی مختلف (۵،۶،۷،۱۴) هنوز در مورد روند یا روندهای این فعالیت‌ها بر گسترش ظرفیت هوازی و عملکردی ورزشکاران توضیح کاملی به لحاظ علمی داده نشده که دلیل آن می‌تواند ویژگی و خاص بودن پاسخ‌های فیزیولوژیک و سایکولوژیک ورزشکاران به این فعالیت‌ها باشد. برای مثال نشان داده شده است که اگرچه در طی فعالیت‌های تداومی سطح $\dot{V}O_2$ نسبت به فعالیت‌های تناوبی بالاتر است و اکسیژن بیشتری در دسترس عضلات فعال قرار می‌گیرد، اما با ورود مقدار زیادی اکسیژن به بدن، ممکن است فشار اکسیداتیو در فرد افزایش یافته که در ادامه منجر به رها سازی پراکسیدان‌ها و آسیب‌های

1. Maximal oxygen uptake
2. Velocity at $\dot{V}O_2\max$
3. Respiratory Exchange Ratio
4. Rating of Perceived Exertion
5. Time at $\dot{V}O_2\max$

بیولوژیکی دیگر گردد (۳،۱۳،۱۶). وریما و همکاران^۱ (۲۰۰۶) نشان دادند که فعالیت‌های تداومی شدید RPE فرد را افزایش داده و ممکن است کل زمان فعالیت را در مقایسه با فعالیت‌های تناوبی با همین شدت را محدود نمایند (۱۷). میدگلی^۲ (۲۰۰۶) نیز در همین ارتباط پروتکل‌های دویدن تناوبی با شدت ۹۰ تا ۱۰۰ درصد VO_2max را موثرتر از پروتکل‌های دویدن تداومی با همین شدت، گزارش کرد. این محققان بیان کردند که فعالیت‌های تناوبی با بهره‌گیری از دوره‌های استراحت و کاهش RPE در طی فعالیت زمان سپری شده در VO_2max و زمان کل فعالیت را افزایش می‌دهند (۱۸). این در حالی است که میل^۳ (۲۰۰۳) و باراستو^۳ (۱۹۹۴) بیان کردند که در طی دوره‌های استراحتی فعالیت‌های تناوبی ممکن است متغیرهای فیزیولوژیکی نظیر HR کاهش یافته که این امر می‌تواند در شروع و هله بعدی فعالیت با بالا رفتن RPE فرد همراه باشد (۱۹،۲۰). همچنین وجود این دوره‌های استراحتی ممکن است که زمان سپری شده در یا نزدیک VO_2max را در طی این مدل از فعالیت‌ها کاهش دهد. روزنک^۴ (۲۰۰۷) نیز در مطالعه‌ای بیان کرد که فعالیت‌های تناوبی با بهره‌گیری از دوره‌های استراحت علاوه بر کاهش RER در طی فعالیت با کاهش RPE فرد زمان سپری شده در یا نزدیک VO_2max (TVO_2max) را نسبت به فعالیت‌های تداومی افزایش می‌دهد (۱۲). حال سوال اصلی این است که کدام روش و کدام متغیر به دونه کمک می‌کند تا ضمن اینکه RPE و RER فرد را در سطح پایین‌تری نگه می‌دارد، فشار فیزیولوژیکی مناسب‌تری را به وارد کرده تا علاوه بر بهبود بیشتر در ظرفیت‌های فیزیولوژیکی و عملکرد او، زمان بیشتری را در سطح VO_2max به فعالیت بپردازد. براساس این نتایج فرض کردیم که فعالیت‌های تناوبی که با شدت vVO_2max انجام می‌شوند ممکن است با پایین نگه داشتن متغیرهای فیزیولوژیکی نظیر RER و سایکولوژیکی نظیر RPE فرد و بالا نگه داشتن متغیرهای فیزیولوژیکی نظیر HR و VO_2 ، TVO_2max ورزشکار، منجر به تداوم و افزایش زمان فعالیت با شدت بالا و در نهایت ظرفیت هوازی و عملکردی فرد شود.

روش شناسی

آزمودنی‌ها

از بین دانشجویان دونه استقامتی دانشگاه گیلان که حداقل یک سال و حداکثر سه سال سابقه شرکت در تمرین‌های دوی استقامتی را داشتند و دارای مقامی در سطح کشوری نبودند، تعداد ۸ نفر دانشجوی دونه استقامتی پسر (جدول ۱)، پس از آگاهی از شیوه انجام پژوهش داوطلبانه در یک نوبت فعالیت تداومی و سه نوبت فعالیت تناوبی جداگانه با وهله‌های کار و استراحت متفاوت، شرکت کردند. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی در سه فعالیت تناوبی مختلف با نسبت یکسان فعالیت به استراحت ۲ به ۱ و یک فعالیت تداومی که همه فعالیت‌ها با شدت یکسان vVO_2max انجام می‌شدند، شرکت کردند.

جدول (۱) مشخصات فردی آزمودنی‌ها

تغییر	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم) (م)	vVO ₂ max (km/hr)	چربی بدن (%)	VO ₂ max (ml/kg/min)	حداکثر ضربان قلب (سن -۲۲۰)
Mean ± SD	۵±۲/۹۲	۱۶۴±۴/۹۸	±۷/۳۴	۷۵±۰/۷۵	۶۱±۲/۵۷	۳۸±۳/۲۲	۵±۲/۹۲
	۲۵	۱۷۴	۶۹/۵	۱۶	۱۳	۴۷	۱۹۴

روش اندازه‌گیری متغیرهای فیزیولوژیکی و میزان ادراک از فشار کار

در این پژوهش به منظور تعیین VO₂max و vVO₂max، آزمون فزاینده‌ای که با مرحله‌های ۳ دقیقه‌ای آغاز می‌شد، روی نوارگردان HORIZON FITNESS مدل Ti51 ساخت کشور آمریکا، اجرا شد. سرعت اولیه ۱۳ کیلومتر در ساعت و افزایش سرعت بین مرحله‌ها تا سه مرحله، ۱/۵ کیلومتر در ساعت بود. در مراحل بعدی سرعت در هر ۲ دقیقه ۱ کیلومتر در ساعت افزایش می‌یافت (۱۴). اندازه‌گیری VO₂max و vVO₂max به کمک دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی مدل Quark b² ساخت شرکت COSMED ایتالیا و هنگام فعالیت روی نوارگردان صورت گرفت. معیارهای رسیدن به سطح VO₂max فرد عبارت بود از: افزایش نیافتن میزان اکسیژن مصرفی با وجود افزایش سرعت غلتک، افزایش نسبت تبادل تنفسی به بیش از ۱/۲ یا افزایش HR بیشتر از ۹۰ درصد حداکثر HR تخمینی (سن - ۲۲۰) (۱۰). vVO₂max حداقل سرعتی است که در آن فرد به VO₂max می‌رسد. چنانچه اندازه سرعت در مرحله آخر نوارگردان به نصف زمان تعیین شده یعنی ۱/۵ دقیقه یا کمتر می‌رسید، vVO₂max برابر با میانگین‌های سرعت‌های دو مرحله آخر محاسبه می‌شد (۱). سپس متغیرهای فیزیولوژیکی RER، HR، VO₂ و TVO₂max طی فعالیت‌های مختلف که با شدت vVO₂max انجام می‌شد، اندازه‌گیری شدند. HR توسط ضربان سنج که به دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی متصل بود، اندازه‌گیری می‌شد. TVO₂max آزمودنی نیز با دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی و در فاصله زمانی بین رسیدن به VO₂max تا پایان وهله یا وهله‌های فعالیت اندازه‌گیری شد. HR، RER و VO₂ به صورت خودکار هر ۵ ثانیه و به طور میانگین هر ۱۵ ثانیه توسط دستگاه گاز آنالایزر ثبت می‌شد. همچنین برای تعیین RPE کار از مقیاس ۲۰-۶ امتیازی بورگ استفاده شد (۱۲) که پس از هر ۱۲۰ ثانیه فعالیت ثبت می‌شد. اندازه‌گیری قد آزمودنی‌ها با قد سنج، وزن با ترازو و توده چربی بدن آنها با استفاده از دستگاه In body مدل 3.0 ساخت کشور کره جنوبی صورت گرفت (۱۲).

برنامه فعالیت دویدن

آزمودنی‌ها در یک فعالیت تداومی با شدت ۱۰۰ درصد vVO₂max و سه فعالیت تناوبی که از وهله‌های متفاوت فعالیت (۱۰۰ درصد vVO₂max) و استراحت (۵۰ درصد vVO₂max) تشکیل می‌شد، به فعالیت پرداختند. وهله‌های فعالیت تناوبی با نسبت یکسان ۱ به ۲ (شامل وهله‌های الف) ۳۰ ثانیه فعالیت به ۱۵ ثانیه استراحت (IT₁)، ب)

۶۰ ثانیه فعالیت به ۳۰ ثانیه استراحت (IT₂) و ۱۲۰ ثانیه فعالیت به ۶۰ ثانیه استراحت (IT₃) بود. تعداد تناوب‌ها برای هر فرد به صورتی تنظیم شد که مسافت کل تعداد تناوب‌های انجام شده تقریباً ۲۴۰۰ متر شود. آزمودنی‌ها در دویدن تداومی تا آنجا که می‌توانستند سرعت خود را روی نوارگردان حفظ نمایند، می‌دویدند. در دویدن تناوبی تعداد تناوب‌هایی که در هر مدل فعالیت توسط آزمودنی‌ها انجام می‌شد، به vVO₂max آنها بستگی داشت. میانگین و انحراف معیار تعداد تناوب‌ها ۱۷/۶±۱/۷ بار برای IT₁، ۸/۶±۱/۰۳ بار برای IT₂ و ۴/۲±۰/۵ بار برای IT₃ بود. جلسات فعالیت‌های تداومی و تناوبی به صورت تصادفی انجام شد و بین اجرای هر فعالیت متناوب حداقل ۲ روز فاصله استراحت بود.

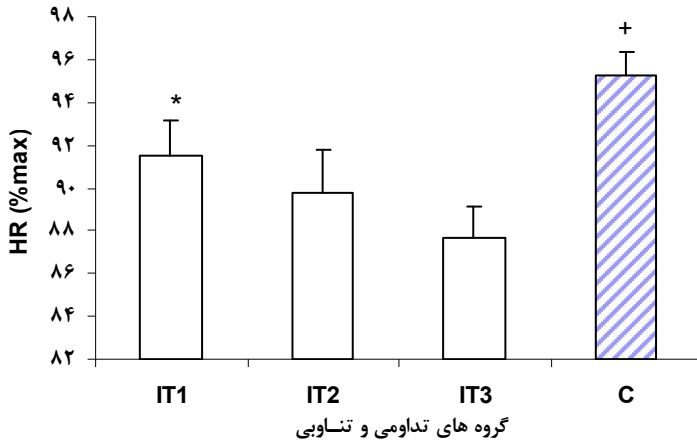
روش‌های آماری

از آمار توصیفی برای تعیین شاخص‌های پراکندگی میانگین، انحراف معیار، و خطای معیار میانگین و از آمار استنباطی، از آزمون کولموگراف-اسمیرنوف برای تعیین نحوه توزیع داده‌ها و از آزمون تحلیل واریانس یکطرفه جهت تعیین تفاوت معنی‌دار بین میانگین مقادیر هر متغیر در فعالیت‌های مختلف تناوبی، استفاده گردید. سپس در صورت وجود تفاوت معنی‌دار، از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. سطح معناداری آزمون‌های آماری $P \leq 0/05$ نظر گرفته شد.

یافته‌ها

هیچ یک از آزمودنی‌ها در طی فعالیت تداومی نتوانستند بیشتر از ۶ دقیقه سرعت خود را روی نوار گردان حفظ کنند و تنها ۴ نفر از ۸ نفر توانستند وهله‌های فعالیت گروه IT₃ را کامل کنند. این در حالی است که همه آزمودنی‌ها وهله‌های فعالیت در گروه‌های IT کوتاه‌تر IT₁ و IT₂ را کامل کردند. اما میانگین و انحراف معیار درصد حداکثر HR (HRmax) (۲۲۰- سن) در گروه C از هر یک از گروه‌های IT بالاتر بود (۲۷/۹۵±۰/۸٪). در گروه‌های IT میانگین و انحراف معیار HRmax در گروه IT₁ (۴۸/۹۱±۷/۱٪) بالاتر از دو گروه دیگر (IT₂ ۷۷/۸۹±۰/۲٪ و IT₃ ۶۴/۸۷±۴۹/۱٪) بود. بین مقادیر میانگین HRmax گروه C و IT اختلاف معناداری بدست آمد ($P < 0/001$). در HRmax گروه‌های IT نیز بین گروه IT₁ و IT₃ تفاوت معناداری وجود داشت ($P < 0/001$).

شکل (۱). میانگین و انحراف معیار HR در گروه های فعالیت C و IT

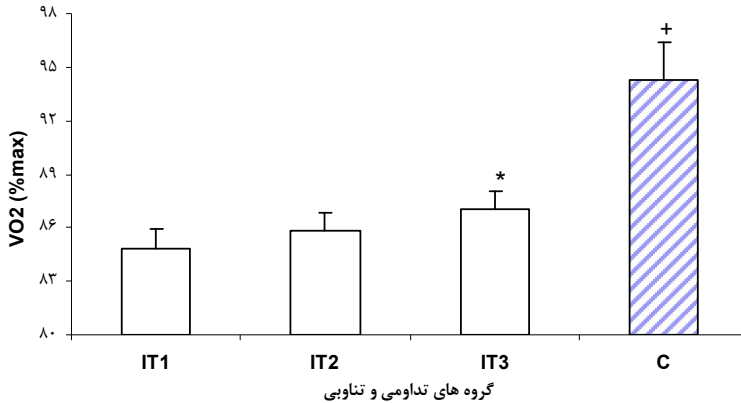


+ تفاوت معنادار بین گروه تناوبی و گروه های IT ($P < 0.05$).

* تفاوت معنادار بین گروه های IT₃ و IT₁ ($P < 0.05$).

مقادیر RER گروه C ($0.9/1 \pm 0.4/0$) نسبت به هریک از گروه‌های IT بالاتر بود. اختلاف بین میانگین RER در گروه C و گروه‌های IT نیز معنادار بود ($P < 0.001$). گروه IT₃ ($0.7/1 \pm 0.5/0$) که از نظر مدت فعالیت به استراحت به فعالیت‌های تناوبی نزدیک‌تر بود، از RER بالاتری نسبت به سایر گروه‌های IT (IT₂) ($0.2/1 \pm 0.4/0$) و IT₁) ($0.1/1 \pm 0.2/0$) برخوردار بود، به طوری که اختلاف RER بین IT₃ و گروه‌های IT₁ و IT₂ از نظر آماری معنادار بود ($P < 0.001$). از سوی دیگر میانگین %VO₂max گروه C از همه گروه‌های IT بالاتر است ($0.3/94 \pm 14/2$) و تفاوت معناداری در %VO₂max بین گروه C و گروه‌های IT مشاهده شد ($P < 0.03$). این برتری در گروه IT₃ ($0.2/87 \pm 0.1/1$) نیز نسبت به دو گروه دیگر تناوبی IT₂ ($0.79/85 \pm 0.8/1$) و IT₁ ($0.81/84 \pm 0.9/1$) وجود داشت ولی تنها تفاوت بین میانگین %VO₂max در گروه‌های IT₃ و IT₁ معنادار بود ($P < 0.001$).

شکل (۲). میانگین و انحراف معیار VO₂(% max) در گروه‌های فعالیت IT و C

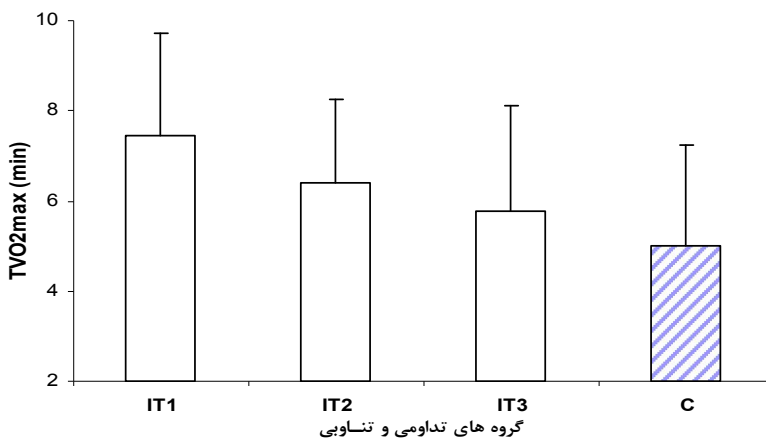


+ تفاوت معنا دار بین گروه تداومی و گروه های IT ($P < 0.05$).

* تفاوت معنادار بین گروه های IT₁ و IT₃ ($P < 0.05$).

اگرچه میانگین اکسیژن مصرفی گروه C نسبت به گروه‌های IT بالاتر بود اما نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که TVO₂max در این گروه از همه گروه‌های فعالیت دیگر کمتر بوده ($0.2/5 \pm 23/2$) و این تفاوت معنادار است ($P < 0.001$). این نتایج همچنین نشان می‌دهد که در گروه‌های IT نیز گروه IT₁ ($45/7 \pm 27/2$) نسبت به دو گروه دیگر IT₂ ($4/6 \pm 88/1$) و IT₃ ($78/5 \pm 35/2$) نیز از TVO₂max بالاتری برخوردار است که این تفاوت تنها در مورد گروه IT₁ و IT₃ معنادار شد ($P < 0.26/0$).

شکل (۳) میانگین و انحراف معیار TVO₂max در گروه‌های فعالیت IT و C

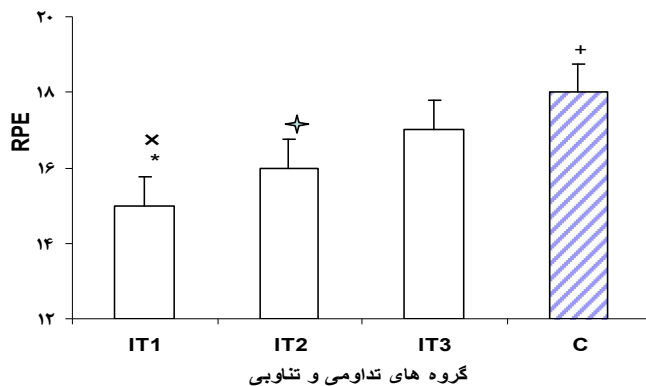


+ تفاوت معنا دار بین گروه C و گروه های IT ($P < 0.05$).

* تفاوت معنادار بین گروه های IT₁ و IT₃ ($P < 0.05$).

همچنین میانگین RPE گروه تداومی نسبت به گروه‌های تناوبی بالاتر بود ($18 \pm 75/0$). اختلاف معناداری نیز بین میانگین RPE در گروه C با گروه‌های IT وجود داشت ($P < 0/003$). در گروه‌های IT، RPE در گروه IT_3 میانگین $(0/17 \pm 8/0)$ نسبت به گروه‌های IT_2 ($16 \pm 75/0$) و IT_1 ($15 \pm 0/75$) بالاتر بود و بین مقادیر میانگین RPE همه گروه‌های تناوبی اختلاف معناداری بدست آمد (IT_3 و IT_1) ($P < 0/001$)، IT_3 و IT_2 ($P < 0/045$) و IT_1 و IT_2 ($P < 0/043$).

شکل (۴). میانگین و انحراف معیار RPE در گروه‌های فعالیت C و IT



+ تفاوت معنا دار بین گروه تداومی و گروه‌های IT ($P < 0/05$).

x تفاوت معنادار بین گروه‌های IT_3 و IT_1 ($P < 0/05$).

* تفاوت معنا دار بین گروه‌های IT_3 و IT_2 ($P < 0/05$).

+ تفاوت معنا دار بین گروه‌های IT_2 و IT_1 ($P < 0/05$).

بحث و نتیجه‌گیری

انجام فعالیت تداومی با شدت vVO_2max منجر به بالارفتن مقدار HR ، VO_2 و RER طی فعالیت می‌شود. باتوجه به بالا بودن شدت فعالیت، ذخایر گلیکولیتیک به عنوان منبع اصلی انرژی در دسترس عضلات فعال قرار می‌گیرند، که استفاده بیش از حد این ذخایر در شرایط کمبود اکسیژن در دسترس منجر به تولید و انباشته شدن بیش از حد اسیدلاکتیک در عضلات فعال و بالارفتن RPE و در نهایت توقف فعالیت ورزشکار می‌شود ($12,18$). فعالیت‌های تناوبی نیز که با شدت vVO_2max انجام می‌شوند، با داشتن دوره‌های استراحتی مانع بالارفتن HR و VO_2 طی فعالیت به اندازه فعالیت‌های تداومی می‌شود. این در حالی است که این مدل از فعالیت‌ها با وجود استفاده از ذخایر گلیکولیتیکی، با بهره‌گیری از دوره‌های استراحتی خود قادرند تا مقداری از اسیدلاکتیک تجمع یافته زمان فعالیت را از عضله فعال خارج نموده و از توقف زودرس فعالیت با شدت بالا جلوگیری کند. انجام فعالیت تناوبی با شدت بالا، نه تنها به ورزشکار این امکان را خواهد داد که کار بیشتری را تا زمان خستگی نسبت به یک وهله فعالیت تداومی انجام دهد (۲۱)، بلکه راهی برای افزایش زمان انجام فعالیت در شدت‌های بالای فعالیت نیز به شمار می‌رود ($5,12,17$). مطالعات نشان می‌دهد که انجام تمرین تداومی در شدت‌های بالا، HR را

در سطح بالا ننگه می‌دارد که این امر علاوه بر اینکه می‌تواند منجر به بهبود عملکرد قلبی-تنفسی گردد، به عنوان یک محرک تمرینی قویتر نیز نسبت به تمرین تناوبی به شمار می‌رود (۱۵). از طرفی روزنک و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که انجام فعالیت تداومی در شدت‌های بالا، کل زمان فعالیت ورزشی را محدود کرده و بهبود عملکرد ورزشکاران را نسبت به فعالیت‌های تناوبی با اشکال مواجه می‌سازد (۱۲). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بین میانگین HR آزمودنی‌ها در گروه C و گروه‌های IT تفاوت معناداری وجود دارد و HR آزمودنی‌ها طی فعالیت در گروه C تحت شدت کار مشابه نسبت به گروه‌های IT بالاتر است. بالاتر بودن ضربان قلب طی این مدل از فعالیت‌ها می‌تواند نقش موثری در بهبود و گسترش متغیرهای فیزیولوژیک ورزشکار و در نهایت عملکرد او داشته باشد. پایین بودن HR طی فعالیت‌های گروه IT را می‌توان به دوره‌های استراحت بین وهله‌های فعالیت این مدل از فعالیت‌ها نسبت داد. همچنین بیشترین میانگین HR در گروه‌های IT مربوط به تناوب‌های کوتاه‌تر (IT₁) بوده است. این امر ممکن است در ارتباط با دوره‌های استراحتی کوتاه‌تر (۱۵ ثانیه) و بازگشت سریع‌تر HR به سطوح بالای زمان فعالیت در این مدل بر نامه‌ها باشد. بطوریکه فعالیت‌های IT کوتاه‌تر با استفاده از دوره‌های استراحت کوتاه‌تر از افت زیاد HR در طی دوره استراحت جلوگیری کرده و با شروع سریع‌تر وهله فعالیت بعدی، باعث بازگشت سریع‌تر HR به سطوح بالای خود می‌شوند. برخی از مطالعات نشان داده‌اند که این گونه از فعالیت‌ها از نظر منبع انرژی به ذخایر فسفو کراتین (PCr)^۱ خود وابسته بوده که در دوره استراحت کوتاه خود مجدداً بازسازی می‌شوند. بنابراین به ذخایر گلیکولیتیک خود وابستگی کمتری داشته و در ادامه ممکن است با تولید اسیدلاکتیک کمتر به تداوم بیشتر فعالیت کمک نمایند (۵). نتایج این بخش از پژوهش با نتایج میاشیتا^۲ (۲۰۰۶) و کولاکو^۳ (۲۰۰۲) همخوانی داشته (۷،۲۲) و با نتایج هارمر^۴ (۱۹۹۸) ناهمسو است (۲۳). با انجام فعالیت تداومی با شدت بالا، عضلات از ذخایر گلیکولیتیک خود استفاده بیشتری کرده و سطوح بالای از لاکتات را تولید می‌کنند. از آنجا که این گونه فعالیت‌ها از دوره استراحتی برخوردار نیستند تا مقداری از لاکتات تولید شده در عضله را از این طریق دفع کنند، بنابراین تداوم فعالیت با شدت بالا می‌تواند منجر به تجمع بیش از حد لاکتات و در نهایت آغاز جبران تنفسی برای بافر کردن اسیدوز متابولیکی و اسید لاکتیک تولیدی توسط بیکربنات‌ها شود (۴،۱۶). با جبران اسیدوز متابولیکی درون سلولی و افزایش مقدار CO₂ دفعی، RER افزایش می‌یابد (۱۶). در این پژوهش مقدار RER طی فعالیت در گروه C نسبت به هریک از گروه‌های فعالیت IT بالاتر بود که این امر ممکن است نشان دهنده تجمع بیشتر اسید لاکتیک عضله و در ادامه کاهش زمان اجرا باشد (۲۲). فاود و همکاران^۵ (۲۰۰۹)، روزنک و همکاران (۲۰۰۷) و پاورز و همکاران^۶ (۲۰۰۱) نیز در این ارتباط به نتایج مشابهی دست یافتند (۱۲،۱۴،۱۶). در گروه‌های IT نیز کمترین مقدار RER مربوط به تناوب‌های کوتاه‌تر یعنی IT₁ بوده که احتمالاً به استفاده بیشتر عضلات اسکلتی فعال از ذخایر کراتین فسفات و سرانجام استفاده کمتر از ذخایر گلیکولیتیک (به ویژه در تناوب‌های کوتاه‌تر) و در نهایت تولید اسید لاکتیک کمتر آنها ارتباط دارد. همچنین ممکن است با وجود وهله‌های استراحتی، امکان بافری اسیدلاکتیک بیشتر عضلات درگیر فراهم شده که این پدیده نیز ممکن است تداوم فعالیت را در مدت زمان بیشتری افزایش دهد. عضله فعال زمان فعالیت با شدت‌های بالا، در معرض

1. Phosphocreatine
2. Miyashita
3. Colaco
4. Harmer
5. Faude
6. Powers

هیپوکسی قرار می‌گیرد، این هیپوکسی عضلانی دلیلی است که مکانیسم‌های مسئول انتقال اکسیژن به بافت‌های فعال که قادر به برآورده کردن اکسیژن مورد نیاز بافت‌ها نیستند، تحت فشار قرار می‌گیرند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تفاوت معناداری بین مقادیر VO_2 گروه فعالیت C و هریک از گروه‌های فعالیت IT بدست آمد که با نتایج بیلات و همکاران^۱ (۲۰۰۰ و ۲۰۰۱) و روزنک و همکاران (۲۰۰۷) همخوانی داشته (۴،۵،۱۲) و با نتایج مک دوگال^۲ (۱۹۹۸) ناهمسو است (۱۱). به بیان دیگر طی فعالیت در گروه C فشار بیشتری به سیستم هوازی ورزشکار وارد شده و ممکن است این مدل از فعالیت برای بهبود سیستم هوازی و انتقال اکسیژن ورزشکاران استقامتی مورد استفاده قرار گیرند. از طرفی برخی از پژوهشگران همچون هارمر (۱۹۹۸) و مک دوگال (۱۹۹۸) بیان می‌کنند که «با استفاده از فعالیت‌های تناوبی و به ویژه تناوب‌های کوتاه‌تر نیز می‌توان چنین فشاری را بر سیستم هوازی فرد اعمال کرد» (۱۱،۲۵). استفاده از این مدل فعالیت‌ها می‌تواند زمان فعالیت در شدت‌های بالا را گسترش داده و در نهایت فشار بالایی را بر سیستم هوازی وارد کنند. فعالیت‌های تناوبی کوتاه‌تر با دارا بودن زمان استراحتی کوتاه مانند ۱۵ ثانیه، قادرند تا از افت زیاد VO_2 و HR در طی دوره استراحتی جلوگیری کرده و با شروع سریع وهله بعدی فعالیت، VO_2 را افزایش داده و به سطوح پیشینه آن نزدیک می‌کنند (۱۲). فعالیت به روش گروه C اگرچه میانگین ضربان قلب و به ویژه اکسیژن مصرفی را در طی فعالیت در گروه C نسبت به گروه‌های فعالیت IT، در سطح بالاتری نگه می‌دارد. اما با توجه به اینکه مقدار RER این گروه از فعالیت‌ها بالاتر بوده و سطح اسیدلاکتیک تولید شده را نیز می‌تواند بالاتر ببرد، بنابراین زمان کل فعالیت در شدت‌های بالا نظیر vVO_2max کاهش یافته و آزمودنی زمان کمتری را در VO_2max خود باقی می‌ماند. بنابراین از آنجا که این مدل از فعالیت‌ها زمان باقی ماندن در VO_2max را کاهش می‌دهند، ممکن است کارایی بالایی را برای ورزشکار نداشته باشند. از طرفی گروه‌های فعالیت IT و به ویژه IT_1 با بهره‌گیری از وهله‌های استراحت (استراحت کوتاه-تر) نه تنها از افت بیشتر اکسیژن طی دوره‌های استراحت جلوگیری کرده بلکه زمان باقی ماندن در VO_2max را نسبت به گروه C و هریک از گروه‌های IT با مقدار فعالیت و استراحت طولانی‌تر، افزایش می‌دهد. بیشتر مطالعات انجام شده در ارتباط با RPE در طی فعالیت‌های تداومی و تناوبی با مدت زمان‌های متفاوت فعالیت بدنی و استراحت نشان می‌دهد که بیشترین RPE مربوط به فعالیت‌های گروه C بوده و در فعالیت‌های گروه IT نیز با افزایش مدت زمان فعالیت به استراحت و نزدیک شدن این مدل فعالیت‌ها به فعالیت‌های گروه C، RPE افزایش می‌یابد، بطوریکه در گروه‌های IT به ویژه با فواصل کوتاه‌تر تناوب، RPE کمتری ملاحظه شد (۱۳،۱۶،۲۱). نتایج این بخش از پژوهش نیز با یافته‌های اوتر و همکاران^۳ (۲۰۰۷) و باینو همکاران (۱۹۹۷) همسو بوده (۲۱،۲۶) و با نتایج هارمر (۲۰۰۰) ناهمسو است (۲۳). اوتر و همکاران بیان کردند که «علاوه بر اینکه بیشترین RPE مربوط به فعالیت‌های تداومی است، بلکه هرچه مدت زمان فعالیت تناوبی نسبت به استراحت بیشتر شود، RPE به فعالیت‌های تداومی نزدیک‌تر شده و حتی بالاتر خواهد رفت بطوریکه طی فعالیت‌های تناوبی، بیشترین RPE مربوط به فعالیت‌های تناوبی با نسبت کار به استراحت طولانی‌تر (۵ به ۱) است».

با توجه به مطالب فوق که نشان می‌دهد با افزایش زمان دوره استراحتی، هنگام شروع دوره بعدی فعالیت HR افت کرده و بازگشت آن به سطوح بالای فعالیت، فشار زیادی را به فرد وارد ساخته که این امر ممکن است RPE فرد را افزایش دهد. بنابراین می‌توان گفت با استفاده از فعالیت‌های تناوبی و به ویژه تناوب‌های کوتاه‌تر

1. Billat
2. MacDougall
3. Utter

نسبت به فعالیت‌های تداومی، علاوه بر اینکه می‌توان زمان انجام فعالیت ورزشکار را در شدت‌های بالا و همچنین زمان باقی ماندن در VO₂max او را افزایش داد، می‌توان RPE فرد را نیز در حین چنین فعالیت‌هایی کاهش داد و از این طریق تداوم بیشتر فعالیت و بهبود بیشتری را در سیستم انتقال اکسیژن ورزشکار و در نهایت اجرای او ممکن ساخت. با این حال ممکن است که از فعالیت‌های تداومی جهت برخی از اهداف تمرینی دوندگان استقامتی و گسترش برخی از متغیرهای فیزیولوژیکی آنان استفاده شود.

Reference

1. Berg k, (2003), Endurance training and performance in runners: Research limitations and unanswered questions, *Sports Med* 33: 59 – 73.
2. Laursen PB, Jenkins, DG, (2002), The scientific basis for high-intensity interval training: optimizing training programmes and maximizing performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med*, 32: 53 - 73.
3. Robinson DM, Robinson SM, Hume PA, Hopkins WG, (1991), Training intensity of elite male distance runners, *Med& Scie Sports Exe*, 23: 1078-1082.
4. Billat LV ,(2001), Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Part I: aerobic interval training, *Sports Med*, 31: 13-31.
5. Billat VL, Slawinsky J, Bocquet V, Demarle A, Lafitte L, Chassaing P, (2000), Intermittent runs at the Velocity associated with maximal oxygen uptake enables subjects to remain at maximal oxygen uptake for a longer time than intense but submaximal runs, *Europ J Appl Physio*, 81: 188 - 196.
6. Bragada JA, Santos PJ, Maia JA, Colaco PJ, Lopes VP, Tiago M, (2010), longitudinal study in 3,000 m male runners: relationship between performance and selected physiological parameters, *J Sports Sci& Med* 9, 439-444.
7. Miyashita M, Burns S, F and Stensel D,J, (2006), Exercise and postprandial lipemia: effect of continuous compared with intermittent activity patterns, *America J Clinic Nut*, 83: 9-4.
8. Khaledi N, Gaeini A, Kordi M, Naeimi kia M, (2009), Relationship between speed onlactate turnover point and time in Vo2max during running with VVO2max in elite distance and middle distance runners, *Olympic*, 1:45,93-103, [Persian].
9. Saberi Y, Mirzaei B, Arazi H, (2010), Effect (different interval rest) different recovery times on performance (movement) bench press on trained students in continues periods, *Journal Sport.pec* ,11: 37-48, [Persian].
10. Dupont G, Blondel N, Berthoin S, (2003), Time spent at VO₂max: a methodological issue. *Int J Sports Med*, 24: 291-297.
11. MacDougall, JD, Hicks AL, McDonald JR, McKelvie RS, Green HJ, Smith KM, (1998), Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. *J Appl Physio* 84: 2138-2142.
12. Rozenek, Ralph, Funato, Kazuo, Kubo, Junjiro, Hoshikawa Masako, Matsuo, Akifumi, (2007), Physiological Response to interval training sessions at velocities associated with VO₂max. *J Stren and Cond Res*, 21: 188 - 192.
13. Novo L, Santos, P, (2002), Prediction performance competitive runner 5000m/10000 com base no limiar aerobic -anaerobia. in: *Investigate application in Atletismo*. Editores: Santos P, Rodrigues dos Santos J. Publicacao da FCDEF-UP, 191-194.
14. Berthon P, Fellmann N, (2002), General review of methods for maximal aerobic velocity assessment at laboratory. Proposal for optimal conditions, *J Sports Med and Phy&Fit*, 42: 257- 266.
15. Vuorimaa T, Virlander R, Kurkilahti P, VasankariT, Hakkinen K, (2006), Acute changes in muscle activation and leg extension performance after different running exercises in elite long distance runners, *Europ J Appl Physio*, 96: 282-291.
16. Faude O, Kindermann W, Meyer T, (2009), Lactate threshold concepts: how valid are they?, *Sports Med*, 9: 469-490.

17. Vuorimaa, T, Vasankari, T, Rusko, H, (2000), Comparison of physiological strain and muscular performance of athletes during two intermittent exercises at the velocity associated with VO₂max. *Int J Sports Med*, 21: 96-101.
18. Midgley W, Naughton R, (2006), Time at or near VO₂max during continuous and intermittent running. *J Sports Med& Physic Fit* 46: 1-14.
19. Millet, G, P, Candau, R, Fattori, P, Bignet, F, Varray, A, (2003), VO₂ responses to different intermittent runs at velocity associated with VO₂max. *Can J Appl Physiol*, 28:410-423.
20. Barstow TJ, (1994), characterization of VO₂ kinetics during heavy exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 26:1327-1334.
21. Babineau C, Leger L, (1997), Physiological response of 5/1 intermittent aerobic exercise and its relationship to 5 km endurance performance, *Int J Sports Med*, 18: 13-19.
22. Colaco P, (2002) Replace entre o laminar aerobic-anaerobic performance in competitors de corta-ato. Investigate application Atletismo. Editores: Santos P, Rodrigues dos Santos J, Public da FCDEF-UP, 119-125.
23. Harmer AR, McKenna MJ, Sutton JR, Snow RJ, Ruell PA, Booth J, (2000), Skeletal muscle metabolic and ionic adaptations during intense exercise following sprint training in humans. *J Appl Phy*, 89, 1793-1803.
24. Powers S, Howley E, (2001), *Exercise Physiology*, 4th ed. San Francisco, CA: McGraw-Hill.
25. Hill DW, Rowell AL, (1997), Responses to exercise at the velocity associated with VO₂max. *Med Sci Sports Exer*. 29, 113-116.
26. Utter, A, Nieman, C, Dumke LC, McAnulty RS, (2007), Perceptual and motor skills. *Missoula*, 104(3-2): 1079-1085.