پژوهش در علوم ورزشی شماره ۹، بهار ۱۳۹۰، صص ۱۰۴-۸۵

تعیین تأثیر برنامه‌های تمرینی منتخب بر برخی متغیرهای پیشگو در عملکرد استقامتی دوندگان

*پژمان معتمدی[۱]، دکتر حمید رجبی[۲]، محمد شریعت‌زاده جنیدی[۲]

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۲/۱۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۹/۸/۲۳

چکیده

تمرین از عوامل اصلی موفقیت در رشته‌های ورزشی است و از آنجا که نقش تمرینات مقاومتی، به‌ویژه به روش تناوبی بر عملکرد استقامتی تا حدی ناشناخته است، برای تعیین تأثیر برنامه‌های تمرینی منتخب (تداومی و تناوبی، هوازی و مقاومتی) بر برخی متغیرهای پیشگو ($VO2_{max}$، $vVO2_{max}$، T_{max}، vAT) در عملکرد استقامتی دوندگان، ۲۴ دونده که زمان اجرای دو ۳۰۰۰ متر آن‌ها بین ۹:۰۷ تا ۹:۳۹ دقیقه بود، به‌صورت داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند. پس از سنجش اولیهٔ $VO2_{max}$، $vVO2_{max}$، T_{max}، vAT، 1RM و زمان اجرای ۳۰۰۰ متر، آزمودنی‌ها بر اساس رکورد دو ۳۰۰۰ متر به گروه‌های قوی تا ضعیف تقسیم‌بندی و به‌صورت تصادفی در چهار گروه تمرینی قرار گرفتند. برنامهٔ تمرینی ورزشکاران به چهار گروه تمرینات تداومی و تناوبی، هوازی (درصدی از $vVO2_{max}$ و T_{max}) و مقاومتی (درصدی از یک تکرار بیشینه و سرعت اجرا) تقسیم‌بندی شد. ورزشکاران، به مدت هشت هفته، پنج جلسه در هفته در تمرینات حضور یافتند و سپس در میان‌آزمون و پس‌آزمون شرکت کردند. بررسی داده‌ها با آنالیز واریانس مولتی فاکتوریال نشان داد که اگرچه تمام برنامه‌های تمرینی تداومی و تناوبی، هوازی و مقاومتی سبب افزایش $VO2_{max}$، $vVO2_{max}$، T_{max} و vAT در مجموع چهار و هشت هفته تمرین شدند، تمرینات تناوبی هوازی- تناوبی مقاومتی، در مقایسه با سایر روش‌های تمرینی، پیشرفت بیشتری در این متغیرها ایجاد کرد. نتایج نشان داد تمرینات مقاومتی و هوازی تناوبی احتمالاً از طریق تنظیم دخالت متابولیسم هوازی و غیرهوازی، بهبود ظرفیت هوازی، افزایش $VO2_{max}$، افزایش $vVO2_{max}$، افزایش آستانهٔ بی‌هوازی و سرعت در آستانه بی‌هوازی (vAT)، بهبود در کارآیی حرکتی و افزایش در زمان رسیدن به خستگی (T_{max}) سبب بهبود عملکرد استقامتی می‌شود.

کلیدواژه‌های فارسی: حداکثر اکسیژن مصرفی، تمرین مقاومتی، عملکرد استقامتی.

۱ و ۲. استادیار دانشگاه تربیت معلم تهران Email:Pezhman.Motamedi@yahoo.com
۳. دانشجوی دکتری بیومکانیک ورزشی دانشگاه تربیت معلم تهران

مقدمه

موفقیت در عملکرد ورزشی با عوامل متعددی در ارتباط است که تمرین بخش اصلی آن محسوب می‌شود (۱). هر چند تمرین با اهداف مختلف جسمانی، تکنیکی و تاکتیکی انجام می‌شود، در رشته‌های استقامتی، به‌ویژه دو و میدانی نقش عوامل جسمانی و فیزیولوژیکی بسیار برجسته است (۲). بر همین اساس، برخی مربیان رشته‌های استقامتی بر این باورند که افراد با Vo_2max بالاتر، عملکرد بهتری دارند (۱). به هر حال، مطالعات جدیدتر نشان می‌دهد عملکرد استقامتی ورزشکاران، با توجه به نوع تمرین، علاوه بر توان هوازی بیشینه از عواملی همچون کارآیی حرکتی، سازگاری‌های عصبی ـ عضلانی، توان بی‌هوازی، سازگاری‌های دستگاه اندوکرین، آستانهٔ لاکتات و توانایی به تأخیر انداختن آن تأثیر می‌پذیرد (۳- ۵). به‌ویژه نقش این عوامل در ورزشکاران تمرین کرده که به ثبات Vo_2max رسیده‌اند، برجسته‌تر است (۴، ۵). مطالعات متعددی بهبود عملکرد استقامتی و عوامل مؤثر بر آن را به دنبال تمرینات مختلف گزارش کرده‌اند (۲)؛ بنابراین بخش عمده‌ای از تفاوت‌های فیزیولوژیکی در عملکرد استقامتی ورزشکاران نخبه و مبتدی به روش‌های تمرینی مورد استفاده بستگی دارد (۶، ۷). تمرینات تناوبی هوازی از متداول ترین روش‌های تمرینی است که از طریق ایجاد سازگاری‌های فیزیولوژیکی مانند کاهش غلظت لاکتات خون (۸، ۹)، تهویهٔ ریوی، اکسیژن مصرفی و تعداد ضربان قلب در شدتی معین از فعالیت، سبب بهبود عملکرد استقامتی می‌شود (۱۰). به نظر می‌رسد در این تمرینات، حداقل شدتی وجود دارد که تمرین با شدت کمتر از آن با هر حجم تمرینی، اثر چندانی بر عملکرد استقامتی، به‌ویژه در افراد تمرین‌کرده نخواهد داشت (۱۱). یافته‌ها نشان می‌دهد در تعیین شدت و حجم تمرینات می‌توان از دو متغیر vVo_2max و Tmax بهره گرفت و تمرینات با شدت کمتر از ۶۰ درصد vVo_2max تأثیری بر عملکرد ورزشکاران نخبه نخواهد داشت (۱۲، ۱۳). شاید عدم تأثیر تمرینات تداومی بر عملکرد استقامتی ورزشکاران نخبه به کم بودن شدت آن مربوط باشد؛ بنابراین تمرینات تداومی بر عملکرد استقامتی، به‌ویژه در مراحل اولیهٔ تمرین مؤثر است، اما نتایج تحقیقات نشانگر آن است که عملکرد استقامتی افرادی با Vo_2max بالاتر از ۶۰ میلی-لیتر بر کیلوگرم در دقیقه، با تمرینات تداومی بهبود معنی‌داری نیافته است (۱۱).

براساس نظر لوندر[1]، تمرینات تداومی ممکن است باعث افزایش Vo_2max، چگالی مویرگی، فعالیت آنزیم‌های اکسایشی و حجم پلاسما در افراد تمرین نکرده شود، ولی قادر به بهبود عملکرد افراد تمرین‌کرده نمی‌باشند و این افراد به تمرینات تناوبی پاسخ بهتری می‌دهند (۱۱). اثر تمرینات مقاومتی بر عملکرد استقامتی نیز موضوعی است که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. هر چند که تمرینات قدرتی به‌طور معمول برای دوندگان استقامتی به‌کار گرفته نمی‌شود و بیشتر از ۵۰ درصد Vo_2max در تمرینات قدرتی درگیر نمی‌شود (۱۴) و بهبود Vo_2max از طریق این نوع تمرینات بعید به نظر می‌رسد، برخی شواهد نشان می‌دهد که افزودن تمرینات قدرتی در برنامهٔ تمرینی هوازی بر عملکرد ورزشکاران استقامتی تأثیر مثبتی دارد (۱۶- ۱۴). تحقیقات نشان داده است که در اثر تمرینات قدرتی، ویژگی‌های عصبی ـ عضلانی (۱۵، ۱۷) ، توان هوازی و بی‌هوازی (۱۴، ۱۸)، کارآیی حرکتی، حداکثر سرعت و عملکرد دو ۵۰۰۰ متر در دوندگان تمرین‌کرده بهبود می‌یابد (۱۶). علاوه بر این، براساس نظر براندن [2]، دونده‌هایی که از نظر Vo_2max و vVo_2max یکسان‌اند، در ظرفیت بی‌هوازی و کارآیی حرکتی از یکدیگر متمایز می‌شوند (۱۹)؛ بنابراین شاید استفاده از تمرینات مقاومتی، به‌ویژه به‌صورت تناوبی در کنار تمرینات متداول استقامتی بتواند از طریق افزایش ظرفیت بی‌هوازی و بهبود کارآیی حرکتی (۱۴- ۱۸) به ورزشکاران استقامتی کمک کند.

با توجه به نبود اطلاعات و مطالعات در زمینهٔ تأثیر تلفیق تمرینات تناوبی و تداومی از نوع هوازی و مقاومتی بر عملکرد ورزشکاران، محققان با ارائهٔ الگوی تمرین ترکیبی‌ای که برای اولین بار بر مبنای دانش نظری طراحی شد، درصدد برآمدند علاوه بر تعیین تأثیر این‌گونه تمرینات بر پارامترهای فیزیولوژیک دوندگان تمرین‌کرده، به نقش تمرینات مقاومتی، به‌ویژه از نوع تناوبی بپردازند که کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بر همین اساس تحقیق حاضر بر آن است که تأثیر یک دوره برنامهٔ تمرینی از ادغام تمرینات تناوبی و تداومی هوازی با تمرینات تناوبی و تداومی مقاومتی را با تأکید بر پارامترهای Vo_2max، vVo_2max، Tmax و vAT بررسی کند؛ بنابراین از آنجا که هدف ورزشکاران از شرکت در برنامه‌های تمرینی، بهبود عملکرد است تعیین مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیولوژیکی در عملکرد استقامتی و چگونگی تأثیر انواع تمرینات بر این

1. Londeree
2. Brandon

ویژگی‌ها برای ارائهٔ برنامه‌های تمرینی مناسب، اهمیت و کاربرد خاصی بـرای مربیـان و ورزشکاران دارد.

روش‌شناسی پژوهش

این تحقیق به روش نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون، میان‌آزمون و پس‌آزمون با چهار گروه تجربی انجام شد (جدول ۱).

آزمودنی‌های این تحقیق را ۲۴ نفر داوطلب از دوندگان مرد تمرین‌کرده در سـن ۱۸ تـا ۲۵ سال تشکیل می‌دادند که حداقل یک سال و حداکثر سه سال در تمرینـات دوهـای استقامتی شرکت داشتند، ولی در تمرینات منظم تداومی و تناوبی هوازی به شکلی کـه در این تحقیق طراحی شد حضور نداشتند و در تمرینات مقاومتی نیز به‌صورت پراکنـده شرکت می‌کردند، به‌علاوه مقـام برجسـته‌ای نیـز در سـطح کشـوری نداشـتند. سـپس، آزمودنی‌ها براساس رکورد دو ۳۰۰۰ متـر بـه سـه گـروه قـوی (۱۷ :۹ -۰۷ :۹دقیقـه)، متوسط (۲۸: ۹-۱۸: ۹ دقیقه) و ضعیف (۳۹ :۹ -۲۹ :۹ دقیقه) تقسـیم‌بنـدی شـدند و سپس، به‌صورت تصادفی در چهار گروه تجربی جای گرفتند، با در نظر گـرفتن اینکـه از تمام گروه‌های قوی، متوسط و ضعیف دو نماینده در هر گروه تجربی قرار داشته باشـند. ویژگی‌های آزمودنی‌ها در جدول دو ارائه شده است.

جدول ۱. طرح تحقیق در چهار گروه تجربی و سه مرحلهٔ آزمون

گروه	پیش-آزمون	برنامهٔ تمرینی (چهار هفته)	میان آزمون	برنامهٔ تمرینی (چهار هفته)	پس-آزمون
تجربی ۱	Vo_2max vVo_2max vAT Tmax 1RM	تمرین تناوبی هوازی و تناوبی مقاومتی	Vo_2max vVo_2max vAT Tmax 1RM	تمرین تناوبی هوازی و تناوبی مقاومتی	Vo_2max vVo_2max vAT Tmax 1RM
تجربی ۲		تمرین تناوبی هوازی و تداومی مقاومتی		تمرین تناوبی هوازی و تداومی مقاومتی	
تجربی ۳		تمرین تداومی هوازی و تناوبی مقاومتی		تمرین تداومی هوازی و تناوبی مقاومتی	
تجربی ۴		تمرین تداومی هوازی و تداومی مقاومتی		تمرین تداومی هوازی و تداومی مقاومتی	

جدول ۲. توصیف ویژگی‌های عمومی دوندگان استقامتی در مراحل پیش‌آزمون، میان‌آزمون و پس‌آزمون

شاخص	توصیف	پیش‌آزمون	چهار هفته تمرین	هشت هفته تمرین
سن (سال)	میانگین انحراف استاندارد	۲۲ /۵۶	۲۲ / ۵۶ ۲ / ۵۷	۲۲ / ۵۶ ۲ / ۵۷
قد (سانتی متر)	میانگین انحراف استاندارد	۱۸۰ / ۶۷ ۳ / ۲۱	۱۸۰ / ۸۳ ۲ / ۵۱	۱۸۱ / ۰۴ ۲ / ۵۹
وزن (کیلوگرم)	میانگین انحراف استاندارد	۶۱ / ۲۴ ۴ / ۸۲	۶۱ / ۵۳ ۵ / ۲۵	۶۱ / ۹۴ ۵ / ۳۴
سابقه تمرینی(ماه)	میانگین انحراف استاندارد	۲۴ ۶	۲۵ ۶	۲۶ ۶

قبل از پیش‌آزمون، آزمودنی‌ها تنها برای آشنایی با محیط آزمایشگاه، روش کار با گاز آنالایزر، دویدن روی نوارگردان و تمرین مقاومتی به روش دایره‌ای به مدت دو هفته و هر هفته چهار جلسه، در جلسات ۵ تا ۱۵ دقیقه‌ای به آزمایشگاه و سالن وزنه مراجعه کردند. از آزمودنی‌ها خواسته شد دست‌کم دو روز پیش از انجام پیش‌آزمون از هرگونه فعالیت بدنی شدید خودداری و رژیم غذایی خود را در فرم‌های یادآمد غذایی (۲۴ ساعته) ثبت کنند تا هنگام میان‌آزمون و پس‌آزمون تکرار شود. هر آزمودنی، آزمون‌هایی برای تعیین $V0_2max$، $vV0_2max$، vAT، Tmax، اندازه‌گیری یک تکرار بیشینه و زمان اجرای دو ۳۰۰۰ متر انجام دادند. شرایط رقابتی تقریباً یکسانی برای آزمون‌های آزمایشگاهی و تعیین زمان اجرای دو ۳۰۰۰ متر دوندگان در پیش‌آزمون، میان‌آزمون و پس‌آزمون ایجاد شد و دمای آزمایشگاه برای اجرای آزمون و محل تمرین بین ۲۱ تا ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد کنترل شد. آزمون‌ها با فاصلهٔ حداقل ۴۸ ساعت و در چهار روز جداگانه انجام شد. روش تعیین $V0_2max$، $vV0_2max$، vAT به این صورت بود که هر آزمودنی آزمون فزاینده‌ای با مراحل سه دقیقه‌ای روی دستگاه نوارگردان

(تکنوجیم[1] ۷۰۰ ساخت کشور ایتالیا) اجرا می‌کرد. سرعت اولیهٔ دستگاه، هشت کیلومتر بر ساعت بود که در هر مرحله، سرعت به میزان یک کیلومتر در ساعت افزایش می‌یافت (۱۲، ۱۳). اندازه‌گیری $V0_2max$ از طریق دستگاه گاز آنالایزر (کاسمد[2] ساخت کشور آلمان) و به‌صورت مستقیم انجام شد (۱۴، ۱۶، ۲۴، ۲۵). معیارهایی که برای تعیین $V0_2max$ در نظر گرفته شدند عبارت بودند از: افزایش نیافتن میزان اکسیژن مصرفی با وجود افزایش شدت، افزایش مقادیر نسبت تبادل تنفسی به بیش از ۱/۱۵ یا افزایش ضربان قلب بیش از ۹۰ درصد حداکثر ضربان قلب تخمینی (۲۶). $vV0_2max$ کمترین سرعتی بود که فرد به $V0_2max$ می‌رسید، چنانچه سرعت در مرحلهٔ آخر تا نصف زمان تعیین شده (یک دقیقه و نیم) یا کمتر حفظ می‌شد، $vV0_2max$ برابر با میانگین سرعت‌های دو مرحلهٔ آخر تعیین می‌شد (۲۳). روش تعیین vAT به این صورت بود که زمان وقوع نقطهٔ شکست تهویه‌ای براساس دو متغیر زمان (شدت) و اکسیژن مصرفی توسط دستگاه گاز آنالایزر محاسبه و سپس براساس زمان وقوع این نقطه، سرعت دستگاه نوارگردان تعیین و به عنوان سرعتی که فرد در آن به آستانهٔ بی‌هوازی می‌رسد (vAT) محسوب می‌شد (۱۴، ۱۶، ۲۴، ۲۵).

برای تعیین Tmax، آزمودنی‌ها ابتدا به مدت ۱۵ دقیقه مرحلهٔ گرم کردن را انجام دادند که شامل پنج دقیقه فعالیت روی نوارگردان با سرعت ۵۰ درصد $vV0_2max$، پنج دقیقه حرکات کششی و نرمش و پنج دقیقه فعالیت با سرعت ۶۰ درصد $vV0_2max$ بود. سپس، سرعت به ۸۰ درصد $vV0_2max$ و در عرض ۱۵ ثانیه به سرعتی برابر با ۱۰۰ درصد $vV0_2max$ افزایش یافت و از این لحظه تا قطع فعالیت که مصادف با واماندگی ورزشکار است، زمان توسط کرونومتر اندازه‌گیری شد (۲۱، ۲۵). آزمودنی‌ها به‌طور شفاهی برای ادامهٔ فعالیت تا حد واماندگی تشویق شدند (به‌صورت میانگین ۵ تا ۷ دقیقه).

برای تعیین یک تکرار بیشینهٔ عضلات چهارسر رانی، همسترینگ، دوقلو، عضلات ناحیهٔ شانه، دوسر بازویی و سه‌سر بازویی در ابتدا با روش زیربیشینه، رکورد ورزشکار تخمین زده شد (۱۴، ۲۶) و سپس، از طریق آزمون بیشینه و به‌صورت آزمایش و خطا، رکورد قطعی آن‌ها در یک تکرار بیشینه مشخص شد.

---

1. Techno gym
2. Cosmed

زمان اجرای دو ۳۰۰۰ متر به‌صورت رقابتی و در پیست دو و میدانی شهید شیرودی اندازه‌گیری شد. این آزمون در پیش‌آزمون، بین ساعت پنج تا هفت بعدازظهر انجام شد. مقایسهٔ زمان دو ۳۰۰۰ متر در پیش‌آزمون با نتایج ورزشکاران در این مادهٔ ورزشی در مسابقات مختلف که نتایج آن در فدراسیون موجود بود، نشاندهندهٔ همبستگی بالا و مشابهت رکوردها بود. سپس، آزمودنی‌ها براساس رکورد دو ۳۰۰۰ متر به گروه‌های قوی تا ضعیف تقسیم شدند و به‌صورت تصادفی در چهار گروه تجربی قرار گرفتند. نتایج آزمون آنالیز واریانس برای تعیین همگنی گروه‌ها نشانگر همگنی گروه‌های تمرینی بر اساس متغیر دو ۳۰۰۰ متر بود ($P<0/05$).

برنامهٔ تمرینی ورزشکاران بر اساس روش‌های تمرینی موجود به چهار گروه تمرینات تداومی، تناوبی، هوازی و مقاومتی تقسیم شد (جدول ۳). در بخش تمرینات هوازی، شدت و حجم تمرینات، به‌ترتیب بر اساس دو متغیر $vV0_2max$ و Tmax طراحی شد؛ زیرا در تحقیقات جدید این متغیرها ملاک طراحی تمرین قرار می‌گیرند (۱۲، ۱۳). بر اساس شدت و مدت مراحل فعالیت و استراحت، تمرینات به دو روش تداومی و تناوبی انجام شدند، ولی میانگین شدت مراحل فعالیت و استراحت در تمرین تناوبی با تمرین تداومی و حجم هر دو روش تمرینی یکسان در نظر گرفته شد؛ بنابراین بار تمرینی در هر دو روش تمرینی یکسان بود. در بخش تمرینات مقاومتی، درصدی از یک تکرار بیشینه و سرعت اجرا (توسط دستگاه مترونوم وایتنر ساخت کشور آلمان) به عنوان شدت فعالیت و مدت زمان اجرا به عنوان حجم فعالیت در نظر گرفته شد. مانند تمرین هوازی، بار تمرینی در تمرینات تداومی و تناوبی مقاومتی یکسان شد. در تمرینات مقاومتی که به صورت دایره‌ای طراحی شد، عضلات چهارسر رانی، همسترینگ، دوقلو، عضلات ناحیهٔ شانه، دوسر بازویی و سه‌سر بازویی در حرکات متنوع با وزنه تحت تمرین قرار گرفتند. فاصلهٔ استراحتی بین هر ایستگاه، یک دقیقه و بین دو دایره، دو دقیقه در نظر گرفته شد. ورزشکاران، به مدت هشت هفته، پنج جلسه در هفته (سه جلسه تمرین هوازی و دو جلسه مقاومتی) در تمرینات حضور یافتند.

جدول ۳. برنامهٔ تمرینات مقاومتی و هوازی طی هشت هفته

	هوازی								مقاومتی (۶ ایستگاه در هر دایره با یک دقیقه استراحت بین ایستگاه‌ها، ۲ دایره با دو دقیقه استراحت بین دایره‌ها)							
	تداومل		تناوبی						تداومی			تناوبی				
			مراحل فعالیت		مراحل استراحت فعال							مراحل فعالیت			مراحل استراحت فعال			
	شدت	کل زمان تمرین	شدت	حجم	شدت	حجم	کل زمان ترمین	شدت	سرعت اجرا	مدت زمان هر ایستگاه	شدت	سرعت اجرا	مدت	شدت	سرعت اجرا	مدت	مدت زمان هر ایستگاه
اول	٪۷۰ $_{V}VO2_{max}$	٪۸۰۰ Tmax	٪۹۰ $_{V}VO2_{max}$	٪۹۰ Tmax	٪۵۰ $_{V}VO2_{max}$	٪۵۰ Tmax	٪۸۰۰ Tmax	٪۳۰ IRM	V	۳ دقیقه	٪۳۰ IRM	۲V	۱۰ ثانیه	٪۳۰ IRM	۱/۲V	۲۰ ثانیه	۳ دقیقه
دوم	٪۷۵ $_{V}VO2_{max}$	٪۸۰۰ Tmax	٪۱۰۰ $_{V}VO2_{max}$	٪۸۰ Tmax	٪۵۰ $_{V}VO2_{max}$	٪۵۰ Tmax	٪۸۰۰ Tmax	٪۳۰ IRM	V	۳ دقیقه	٪۳۰ IRM	۲V	۱۰ ثانیه	٪۳۰ IRM	۱/۲V	۲۰ ثانیه	۳ دقیقه
سوم	٪۸۰ $_{V}VO2_{max}$	٪۸۰۰ Tmax	٪۱۰۰ $_{V}VO2_{max}$	٪۸۰ Tmax	٪۶۰ $_{V}VO2_{max}$	٪۵۰ Tmax	٪۸۰۰ Tmax	٪۳۵ IRM	V	۳ دقیقه	٪۳۵ IRM	۲V	۱۰ ثانیه	٪۳۵ IRM	۱/۲V	۲۰ ثانیه	۳ دقیقه
چهارم	٪۸۵ $_{V}VO2_{max}$	٪۸۰۰ Tmax	٪۱۱۰ $_{V}VO2_{max}$	٪۷۰ Tmax	٪۶۰ $_{V}VO2_{max}$	٪۵۰ Tmax	٪۸۰۰ Tmax	٪۳۵ IRM	V	۳ دقیقه	٪۳۵ IRM	۲V	۱۰ ثانیه	٪۳۵ IRM	۱/۲V	۲۰ ثانیه	۳ دقیقه
میان آزمون																	
پنجم	٪۸۰ $_{V}VO2_{max}$	٪۷۰۰ Tmax	٪۱۰۰ $_{V}VO2_{max}$	٪۸۰ Tmax	٪۶۰ $_{V}VO2_{max}$	٪۵۰ Tmax	٪۷۰۰ Tmax	٪۳۵ IRM	V	۳ دقیقه	٪۳۵ IRM	۲V	۱۰ ثانیه	٪۳۵ IRM	۱/۲V	۲۰ ثانیه	۳ دقیقه
ششم	٪۸۵ $_{V}VO2_{max}$	٪۷۰۰ Tmax	٪۱۱۰ $_{V}VO2_{max}$	٪۷۰ Tmax	٪۶۰ $_{V}VO2_{max}$	٪۵۰ Tmax	٪۷۰۰ Tmax	٪۳۵ IRM	V	۳ دقیقه	٪۳۵ IRM	۲V	۱۰ ثانیه	٪۳۵ IRM	۱/۲V	۲۰ ثانیه	۳ دقیقه
هفتم	٪۹۰ $_{V}VO2_{max}$	٪۷۰۰ Tmax	٪۱۱۰ $_{V}VO2_{max}$	٪۷۰ Tmax	٪۷۰ $_{V}VO2_{max}$	٪۵۰ Tmax	٪۷۰۰ Tmax	٪۴۰ IRM	V	۳ دقیقه	٪۴۰ IRM	۲V	۱۰ ثانیه	٪۴۰ IRM	۱/۲V	۲۰ ثانیه	۳ دقیقه
هشتم	٪۹۵ $_{V}VO2_{max}$	٪۷۰۰ Tmax	٪۱۱۵ $_{V}VO2_{max}$	٪۶۵ Tmax	٪۷۵ $_{V}VO2_{max}$	٪۵۰ Tmax	٪۷۰۰ Tmax	٪۴۰ IRM	V	۳ دقیقه	٪۴۰ IRM	۲V	۱۰ ثانیه	٪۴۰ IRM	۱/۲V	۲۰ ثانیه	۳ دقیقه

در پایان چهار هفتهٔ اول، میان‌آزمون و پس از اتمام هشت هفته، پس‌آزمون با رعایت موارد اشاره شده در پیش‌آزمون به عمل آمد. از آزمون آنالیز واریانس برای تعیین همگنی گروه‌ها، از آزمون‌های کولموگروف - اسمیرنوف و نمودارهای P-P plot برای آزمون طبیعی بودن داده‌ها و از آزمون آنالیز واریانس مولتی فاکتوریال برای مقایسهٔ بین گروهی و درون‌گروهی در سه مرحلهٔ پیش‌آزمون، پس از چهار و هشت هفته استفاده شد. همچنین از آزمون تعقیبی توکی برای بیان سطح معنی‌داری درون‌گروهی و در میان گروه‌ها در مراحل مختلف آزمون استفاده شد. سطح معنی‌داری آزمون‌های آماری $p< ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

یافته‌های پژوهش

نتایج آزمون آنالیز واریانس در سطح معنی‌داری $\alpha \leq ۰/۰۵$ یکسان بودن میانگین‌ها و همگنی را قبل از اعمال متغیر مستقل نشان داد. جدول‌های ۴، ۵، ۶ و ۷ به‌ترتیب

میانگین، انحراف استاندارد و نتایج آزمون‌های واریانس مولتی فاکتوریال و تعقیبی توکی را برای مقایسهٔ تأثیر متغیر مستقل بر مقادیرVo_2max ، vVo_2max، Tmax و vAT در چهار گروه تمرینی و در مراحل پیش‌آزمون، پس از چهار و هشت هفته در درون گروه‌ها و بین گروه‌ها نشان می‌دهد.

جدول ۴. نتایج تجزیه و تحلیل آماری مقادیر $VO2_{max}$ (میلی لیتر بر کیلوگرم در دقیقه) در چهار گروه تمرینی در مراحل پیش‌آزمون پس از چهار هفته و پس از هشت هفته

گروه‌های تمرینی		توصیف	پیش-آزمون	پس از چهار هفته	مقدار P (چهار هفتهٔ اول)	پس از هشت هفته	مقدار P (چهار هفتهٔ دوم)	مقدار P (هشت هفته)
A	تناوبی هوازی- تناوبی مقاومتی	میانگین انحراف استاندارد	۶۶/۲۹ ۶/۵۲	۶۸/۴۶ ۵/۵	P < 0.001	۶۹/۷۵ ۴/۵۱	P < 0.002	P < 0.001
B	تناوبی هوازی- تداومی مقاومتی	میانگین انحراف استاندارد	۶۲/۲۷ ۲/۵۵	۶۳/۶۴ ۲/۵۱	P < 0.001	۶۴/۶۳ ۲/۵۹	P < 0.003	P < 0.001
C	تداومی هوازی- تناوبی مقاومتی	میانگین انحراف استاندارد	۶۰/۶۴ ۵/۸۲	۶۱/۵۳ ۵/۹۵	P < 0.058	۶۱/۹۴ ۶/۰	P < 0.006	P < 0.004
D	تداومی هوازی- تداومی مقاومتی	میانگین انحراف استاندارد	۶۳/۰۱ ۵/۴۴	۶۳/۲۳ ۵/۵۶	P < 0.090	۶۳/۵۰ ۵/۵۱	P < 0.013	P < 0.009

بین گروهی	*A(C,D) (چهار هفتهٔ اول)	*A(B,C,D) (چهار هفتهٔ دوم)
	*A(B,C,D) (هشت هفته)	

*: اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها (P ≤ ۰/۰۵)

جدول ۵. نتایج تجزیه و تحلیل آماری $vVO2_{max}$ (کیلومتر بر ساعت) در چهار گروه تمرینی در مراحل پیش‌آزمون، پس از چهار هفته و پس از هشت هفته

گروه‌های تمرینی		توصیف	پیش-آزمون	میان-آزمون	مقدار P (چهار هفتهٔ اول)	پس‌آزمون	مقدار P (چهار هفتهٔ دوم)	مقدار P (هشت هفته)
A	تناوبی هوازی- تناوبی مقاومتی	میانگین انحراف استاندارد	۱۹/۱۶ ۱/۷	۲۰/۸۶ ۰/۹	P < 0.001	۲۲/۷۶ ۰/۷	P < 0.003	P < 0.001
B	تناوبی هوازی- تداومی مقاومتی	میانگین انحراف استاندارد	۱۷/۶۳ ۱/۰	۱۸/۱۰ ۰/۹	P < 0.003	۱۸/۷۱ ۱/۰	P < 0.010	P < 0.001
C	تداومی هوازی- تناوبی مقاومتی	میانگین انحراف استاندارد	۱۷/۳۳ ۱/۳	۱۷/۶۳ ۱/۳	P < 0.006	۱۸/۳۳ ۱/۳	P < 0.006	P < 0.002
D	تداومی هوازی- تداومی مقاومتی	میانگین انحراف استاندارد	۱۸/۱۶ ۰/۹	۱۸/۴۱ ۰/۹	P < 0.004	۱۸/۹۳ ۱/۰	P < 0.008	P < 0.003

بین گروهی	*A(B,C,D) (چهار هفتهٔ اول)	*A(B,C,D) (چهار هفتهٔ دوم)
	*A(B,C,D) (هشت هفته)	

*: اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها (P ≤ ۰/۰۵)

جدول ۶. نتایج تجزیه و تحلیل آماری T_{max} (ثانیه) در چهار گروه تمرینی در مراحل پیش‌آزمون، پس از چهار هفته و پس از هشت هفته

گروه‌های تمرینی		توصیف	پیش-آزمون	میان-آزمون	مقدار P (چهار هفتهٔ اول)	پس-آزمون	مقدار P (چهار هفتهٔ دوم)	مقدار P (هشت هفته)
A	تناوبی هوازی- تناوبی مقاومتی	میانگین انحراف استاندارد	۲۳۵ ۶۳	۳۰۵ ۶۰	P < 0.000	۳۶۳ ۵۰	P < 0.002	P < 0.000
B	تناوبی هوازی- تداومی مقاومتی	میانگین انحراف استاندارد	۳۱۲ ۵۰	۳۷۴ ۵۰	P < 0.061	۴۲۶ ۵۰	P < 0.014	P < 0.001
C	تداومی هوازی- تناوبی مقاومتی	میانگین انحراف استاندارد	۲۴۵ ۶۰	۲۸۶ ۶۰	P < 0.004	۳۱۵ ۶۱	P < 0.004	P < 0.001
D	تداومی هوازی- تداومی مقاومتی	میانگین انحراف استاندارد	۲۵۲ ۵۰	۲۶۸ ۵۰	P < 0.074	۲۸۰ ۵۰	P < 0.016	P < 0.001

بین گروهی	*A(D) (چهار هفتهٔ اول)	*A(C,D), B(D) (چهار هفتهٔ دوم)
	*A(B,C,D), B(C,D) (۸ هفته)	

*: اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها (P ≤ ۰/۰۵)

جدول ۷. نتایج تجزیه و تحلیل آماری نسبت vAT(کیلومتر بر ساعت) در چهار گروه تمرینی در مراحل پیش‌آزمون، پس از چها هفته و پس از هشت هفته

گروه‌های تمرینی		توصیف	پیش-آزمون	میان-آزمون	مقدار P (چهار هفتهٔ اول)	پس‌آزمون	مقدار P (چهار هفتهٔ دوم)	مقدار P (هشت هفته)
A	تناوبی هوازی- تناوبی مقاومتی	میانگین انحراف استاندارد	۱۳/۵۱ ۱/۰۳	۱۴/۶۵ ۰/۸۱	P < 0.001	۱۶/۰۵ ۰/۷۵	P < 0.002	P < 0.001
B	تناوبی هوازی- تداومی مقاومتی	میانگین انحراف استاندارد	۱۲/۵۹ ۰/۹۸	۱۲/۹۳ ۱/۰۹	P< 0.003	۱۳/۳۶ ۱/۰۱	P < 0.004	P < 0.000
C	تداومی هوازی- تناوبی مقاومتی	میانگین انحراف استاندارد	۱۱/۶۶ ۰/۵۱	۱۲/۰۳ ۰/۷۴	P < 0.043	۱۲/۶۰ ۰/۷۷	P < 0.001	P < 0.001
D	تداومی هوازی- تداومی مقاومتی	میانگین انحراف استاندارد	۱۲/۸۳ ۰/۹۸	۱۳/۱۳ ۰/۹۸	P < 0.087	۱۳/۵۸ ۰/۸۴	P < 0.004	P < 0.001

بین گروهی	*A(B,C,D) (۴ هفته اول)	*A(B,C,D) (۴ هفته دوم)
	*A(B,C,D) (۸ هفته)	

*: اختلاف معنی دار بین گروه‌ها($P \leq ۰/۰۵$)

بحث و نتیجه‌گیری

مقایسهٔ متغیرهای مختلف دوندگان در چهار گروه تمرینی نشان داد تمرینات تناوبی هوازی- تناوبی مقاومتی و تناوبی هوازی- تداومی مقاومتی، در مقایسه با سایر روش‌های تمرینی تأثیر بیشتری بر عملکرد دارد. نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد عوامل متعددی از جمله افزایش $VO2_{max}$، $vVO2_{max}$ (۲)، فراخوانی بیشتر تارهای عضلانی نوع I نسبت به نوع II، کاهش تخلیهٔ گلیکوژن و به تأخیر افتادن خستگی (۱۸، ۲۷)، افزایش Tmax (۲، ۱۲، ۱۳)، تنظیم دخالت متابولیسم هوازی و بی‌هوازی (۹، ۲۸)، افزایش آستانهٔ لاکتات، بهبود ظرفیت بی‌هوازی، افزایش آنزیم‌های اکسایشی و دستگاه بی‌هوازی (۱۸، ۳۱)، افزایش چگالی مویرگی و میتوکندریایی، بهبود کارآیی حرکتی و ویژگی عصبی - عضلانی و فراخوانی واحدهای حرکتی بیشتر و بزرگتر در بهبود عملکرد استقامتی ورزشکاران تأثیرگذار است. در این میان، عموماً متغیرهایی چون $VO2_{max}$، $vVO2_{max}$، T_{max}، vAT عوامل پیش‌گویی‌کنندهٔ عملکرد استقامتی محسوب می‌شوند (۳-۵، ۱۰، ۱۱، ۱۴، ۱۵، ۲۹- ۳۲).

مقایسهٔ متغیر $VO2_{max}$ چهارگروه تمرینی دوندگان نشان داد برتری تمرینات تناوبی هوازی- تناوبی مقاومتی و تناوبی هوازی- تداومی مقاومتی در چهار هفتهٔ اول، در مقایسه با سایر روش‌های تمرینی به‌علت تأثیر تمرینات تناوبی هوازی است. علاوه بر این، هر چند تمرین تناوبی هوازی- تناوبی مقاومتی، در مقایسه با تمرین تناوبی هوازی- تداومی مقاومتی پیشرفت بیشتری در $VO2_{max}$ ایجاد می‌کند، نبود اختلاف معنی‌دار در این دو گروه تمرینی نشانگر آن است که تمرینات تداومی و تناوبی مقاومتی نتوانسته است اثرات متفاوتی در چهار هفتهٔ اول ایجاد کند، در حالی که در چهار هفتهٔ دوم و در مجموع هشت هفته، تلفیق تمرینات تناوبی هوازی و مقاومتی، در مقایسه با به روش‌های تمرینی دیگر اختلاف معنی‌داری در $VO2_{max}$ ایجاد کرد که نقش کمکی تمرینات مقاومتی از نوع تناوبی را نشان می‌دهد.

در خصوص سازوکارهای احتمالی یافته‌های این تحقیق، طبق منابع موجود به نظر می‌رسد افزایش $VO2_{max}$ پس از تمرینات تناوبی در افراد تمرین‌کرده و مبتدی به‌دلیل بهبود حمل و تحویل اکسیژن به عضلات اسکلتی است که احتمالاً از طریق افزایش حجم ضربه‌ای (۳۳، ۳۴)، افزایش چگالی مویرگی و میتوکندریایی (۳۵) و افزایش برداشت اکسیژن توسط عضلات فعال رخ می‌دهد. به هر حال، نقش هر کدام از این عوامل در افزایش $VO2_{max}$ در افراد تمرین‌کرده و مبتدی یکسان نیست. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد ورزشکاران نخبه اصولاً دارای سطوح بالایی از حجم پلاسما هستند و افزایش بیشتر حجم پلاسما به دنبال افزایش شدت تمرینات مشاهده نمی‌شود (۳۵)؛ بنابراین به نظر می‌رسد نقش عرضهٔ اکسیژن در افراد تمرین‌نکرده و نقش مصرف اکسیژن در افراد تمرین‌کرده در افزایش $VO2_{max}$ مهم‌تر است. در خصوص نقش تمرینات قدرتی در افزایش $VO2_{max}$، تحقیقات نشانگر افزایش قدرت در افراد تمرین نکرده‌ای است که در تمرینات مقاومتی حضور داشته‌اند، در صورتی که تغییری در $VO2_{max}$ این افراد پس از تمرینات مقاومتی مشاهده نشد. نتایج مشابهی نیز در افراد تمرین‌کرده با $VO2_{max}$ برابر با ۶۰ میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه گزارش شده است (۱۴) عدم بهبود در $VO2_{max}$ به این دلیل است که اکسیژن مصرفی در حین تمرینات مقاومتی، حتی از نوع استقامتی کمتر از ۵۰ درصد $VO2_{max}$ و مشابه زمانی است که فرد با سرعت ۶/۴ کیلومتر در ساعت روی نوارگردان راه می‌رود (۱۴). هر چند فشار فیزیولوژیکی تمرینات تناوبی مقاومتی بیشتر از تداومی مقاومتی است، به نظر می‌رسد چهار هفته تمرین برای نشان دادن تفاوت‌های بین این دو روش تمرینی در

بهبود $VO2_{max}$ کافی نبوده است. با توجه به یافته‌های این تحقیق در چهار هفتهٔ اول، به نظر می‌رسد تمرینات مقاومتی بیشتر از طریق بهبود کارآیی حرکتی و افزایش آستانهٔ لاکتات در عملکرد استقامتی مؤثرند (۳، ۴، ۱۵، ۳۶)؛ بنابراین می‌توان گفت افزایش بیشتر در مقادیر $VO2_{max}$ از طریق تمرینات تناوبی هوازی- تناوبی مقاومتی و تناوبی هوازی- تداومی مقاومتی در چهار هفتهٔ اول در اثر تمرینات تناوبی هوازی است که می‌تواند به‌دلیل افزایش حجم پلاسما و حجم ضربه‌ای (سازگاری‌های مرکزی) یا افزایش تفاوت اکسیژن خون سرخرگی- سیاهرگی (سازگاری‌های محیطی) باشد، در حالی که در چهار هفتهٔ دوم و در مجموعِ هشت هفته علاوه بر سازگاری‌های گفته‌شده، بهبود کارآیی حرکتی و افزایش آستانهٔ لاکتات از طریق تمرینات تناوبی مقاومتی، در کنار تمرینات تناوبی هوازی، در مقایسه با به روش‌های تمرینی دیگر اختلاف معنی‌داری در $VO2_{max}$ ایجاد کرده است. در تأیید این یافته‌ها، بهبود بیشتر در vAT از طریق تمرینات تناوبی هوازی- تناوبی مقاومتی نشان داده شد.

مقایسهٔ چهار گروه تمرینی در متغیر $vVO2_{max}$ دوندگان نشان داد برتری تمرینات تناوبی هوازی- تناوبی مقاومتی در چهار هفتهٔ اول، دوم و در مجموعّ هشت هفته، در مقایسه با روش‌های تمرینی دیگر به‌علت اثر تعاملی تمرینات تناوبی هوازی و مقاومتی است. اگرچه تحقیقات مشابهی در مورد تأثیر تمرینات تناوبی و تداومی، هوازی و مقاومتی بر$vVO2_{max}$ یافت نشد، نتایج تحقیقات نشان می‌دهد در دوندگانی با مقادیر یکسان حداکثر اکسیژن مصرفی، $vVO2_{max}$ به عنوان متغیر ترکیبی از $VO2_{max}$ و کارآیی حرکتی در تفسیر و توضیح تفاوت‌های عملکردی ورزشکاران به‌کار می‌رود (۱۴، ۲۹، ۳۷). افزایش $vVO2_{max}$ در ورزشکاران نخبه احتمالاً بیشتر به‌دلیل بهبود کارآیی حرکتی و در ورزشکاران غیرنخبه دراثر افزایش $VO2_{max}$، بهبود کارآیی حرکتی یا هر دو است (۱۵). با توجه به اینکه آزمودنی‌های تحقیق حاضر آمادگی هوازی اولیهٔ بالایی دارند (۶۶ تا ۶۹ میلی‌لیتر بر کیلوگرم بر دقیقه)، می‌توان احتمال داد که افزایش مقادیر $vVO2_{max}$ در آن‌ها به‌دلیل بهبود کارآیی حرکتی و افزایش $VO2_{max}$ است که افزایش $VO2_{max}$ متعاقب چهار و هشت هفته تمرینات تناوبی هوازی- تناوبی مقاومتی در این تحقیق نشان داده شد. به نظر می‌رسد افزایش بیشتر مقادیر $vVO2_{max}$ از طریق تمرینات تناوبی هوازی- تناوبی مقاومتی در چهار هفتهٔ اول، چهار هفتهٔ دوم و در مجموعِ هشت هفته به‌دلیل بهبود کارآیی حرکتی، افزایش $VO2_{max}$، آستانهٔ لاکتات، افزایش ذخیرهٔ ارتجاعی عضله و سازگاری‌های عصبی- عضلانی شامل افزایش فراخوانی

واحدهای حرکتی، فرکانس و هم‌زمانی واحدهای حرکتی، در مقایسه با سایر روش‌های تمرینی است. در این تحقیق افزایش آستانهٔ بی‌هوازی (افزایش در vAT) و افزایش $VO2_{max}$ از طریق تمرینات تناوبی هوازی- تناوبی مقاومتی نشان داده شد که می‌تواند بر افزایش $vVO2_{max}$ تأثیرگذار باشد.

مقایسهٔ متغیر T_{max} در چهار گروه تمرینی دوندگان نشان داد برتری تمرینات تناوبی هوازی- تناوبی مقاومتی و تناوبی هوازی- تداومی مقاومتی در چهار هفتهٔ اول و دوم تمرینی، در مقایسه با سایر روش‌های تمرینی به‌علت حضور تمرینات تناوبی هوازی است. علاوه بر این، اگرچه تمرین تناوبی هوازی- تناوبی مقاومتی، در مقایسه با تمرین تناوبی هوازی- تداومی مقاومتی پیشرفت بیشتری درT_{max} ایجاد کرده، نبود اختلاف معنی‌دار در این دو گروه تمرینی نشانگر آن است که تمرینات تداومی و تناوبی مقاومتی نتوانسته است اثرات متفاوتی ایجاد نماید، در حالی که در مجموعِ هشت هفته تمرین، تلفیق تمرینات تناوبی هوازی و مقاومتی، در مقایسه با سایر روش‌های تمرینی اختلاف معنی‌داری درT_{max} ایجاد کرده است. اگرچه تحقیقات مشابهی در مورد تأثیر تمرینات تناوبی و تداومی، هوازی و مقاومتی بر T_{max} یافت نشد، نتایج تحقیقات نشان می‌دهد موفقیت دوندگان نیمه‌استقامتی منوط به حفظ سرعت بالا در طول مسابقه است. بر اساس نظر بعضی از محققان، T_{max} با ظرفیت بی‌هوازی در ارتباط است و اطلاعاتی در مورد ظرفیت بی‌هوازی ورزشکاران آشکار می‌کند (۲۴)؛ بنابراین علاوه بر متابولیسم هوازی، بهبود منابع انرژی بی‌هوازی شامل کراتین فسفات، آدنوزین تری فسفات، اکسیژن ذخیره در میوگلوبین و گلیکولیز بی‌هوازی بر عملکرد استقامتی مؤثر است. به عنوان جمع‌بندی می‌توان احتمال داد که تمرینات تناوبی هوازی – تناوبی مقاومتی و تناوبی هوازی – تداومی مقاومتی در چهار هفتهٔ اول و دوم و تمرینات تناوبی هوازی – تناوبی مقاومتی در مجموع هشت هفته از طریق افزایش ظرفیت بی-هوازی، تنظیم دخالت متابولیسم هوازی و بی‌هوازی، بهبود کارآیی حرکتی و ایجاد سازگاری‌های عصبی – عضلانی در فراخوانی واحدهای حرکتی بیشتر و بزرگتر موجب افزایش T_{max} می‌شوند. همچنین یافته‌های این تحقیق نشانگر افزایش آستانهٔ بی‌هوازی (افزایش در vAT) متعاقب تمرینات تناوبی هوازی – تناوبی مقاومتی و تناوبی هوازی – تداومی مقاومتی در چهار هفتهٔ اول و دوم و تمرینات تناوبی هوازی – تناوبی مقاومتی در مجموع هشت هفته بود.

مقایسهٔ متغیر vAT در چهار گروه تمرینی دوندگان نشان داد برتری تمرینات تناوبی هوازی- تناوبی مقاومتی در چهار هفتهٔ اول، دوم و در مجموعِ هشت هفته، در مقایسه با سایر روش‌های تمرینی به‌علت اثر تعاملی تمرینات تناوبی هوازی و مقاومتی است. اگرچه تحقیقات مشابهی در زمینهٔ تأثیر تمرینات تناوبی و تداومی، هوازی و مقاومتی بر vAT یافت نشد، مطالعات نشانگر آن است که یکی از عوامل تعیین‌کنندهٔ عملکرد استقامتی، توانایی تولید لاکتات کمتر در فشار کاری معین و افزایش آستانهٔ بی‌هوازی است. آستانه بی‌هوازی بالا نشانگر آن است که دونده قادر به دویدن با درصد بالاتری از $VO2_{max}$ است (۱۳). از عوامل تأثیرگذار بر آستانهٔ بی‌هوازی می‌توان به نسبت تارهای کندانقباض به تندانقباض اشاره کرد. لاکتات عموماً توسط تارهای تندانقباض تولید می‌شود و بنابراین درصد بالاتری از تارهای کندانقباض موجب تجمع لاکتات کمتر در فشار کاری معین می‌شود(۳۸). بهبود آستانهٔ بی‌هوازی دوندگان تمرین‌کرده به دنبال تمرینات تناوبی شدید می‌تواند در نتیجهٔ سازگاری‌های محیطی عضلهٔ اسکلتی باشد (۳، ۴، ۱۴، ۳۶) که احتمالاً به‌دلیل افزایش چگالی مویرگی و کاهش مسافت بین محل تولید لاکتات و دیوارهٔ مویرگی و افزایش سطح تبادل است (۳، ۴، ۱۴، ۱۵، ۳۴، ۳۶).

یافته‌های برخی تحقیقات نشان می‌دهد تمرینات تناوبی از طریق افزایش آنزیم‌های اکسایشی و بهبود ظرفیت اکسایشی سلول، تجمع لاکتات خون را به تأخیر انداخته، سبب افزایش آستانهٔ بی‌هوازی می‌شود (۳۸، ۴۰). با توجه به یافته‌های ضد و نقیض در این زمینه به نظر می‌رسد بررسی سازگاری‌های آنزیمی به دنبال تمرینات تناوبی شدید اهمیت زیادی دارد. تحقیقات اندکی اثرات تمرینات مقاومتی را بر آستانهٔ لاکتات و آستانه بی‌هوازی بررسی کرده‌اند. پس از تمرینات قدرتی، تارهای عضلانی می‌توانند نیروی مطلق بیشتری تولید کنند؛ بنابراین تارهای عضلانی با درصد کمتری از حداکثر قدرت در فشاری معین نسبت به قبل از تمرین به‌کار گرفته می‌شوند که سبب کاهش تولید انرژی به روش بی‌هوازی و در نتیجه، کاهش غلظت لاکتات می‌شود.

نتایج این تحقیق نشانگر افزایش سرعت در آستانهٔ بی هوازی پس از چهار هفتهٔ اول، چهار هفتهٔ دوم و در مجموعِ هشت هفته، از طریق تمرینات تناوبی هوازی و مقاومتی است که احتمالاً به‌دلیل افزایش اندازه و تعداد میتوکندری‌ها، افزایش غلظت آنزیم‌های اکسایشی سیکل کربس و زنجیرهٔ انتقال الکترونی و مسیر مالات اسپارتات و افزایش آنزیم‌های درگیر در متابولیسم لیپیدها و افزایش بتااکسیداسیون میتوکندریایی است (۸، ۱۰، ۲۸، ۳۰، ۳۱، ۴۱). به‌علاوه، تمرینات مقاومتی از طریق فراخوانی واحدهای

حرکتی بیشتر و بزرگتر و کاهش فشار بر تارهای فراخوانده شده سبب کاهش تولید انرژی به روش بی‌هوازی می‌شوند. همچنین تمرینات مقاومتی تناوبی (با سرعت 2V) موجب فراخوانی بیشتر تارهای نوع I شده و فراخوانی تارهای نوع II را به تأخیر می‌اندازند؛ بنابراین به‌کارگیری درصد بالاتری از تارهای کند انقباض به تجمع لاکتات کمتر در فشار کاری معین منجر می‌شود (۸، ۱۰، ۲۸، ۳۰، ۳۱، ۴۱).

به‌طور خلاصه، می‌توان این احتمال را پذیرفت که تمرینات تناوبی هوازی- تناوبی مقاومتی بر برخی متغیرهای پیش‌گو در عملکرد استقامتی مانند حداکثر اکسیژن مصرفی (۳/۲٪، ۱/۸٪ و ۵/۲٪)، سرعت در حداکثر اکسیژن مصرفی (۸/۸ ٪، ۹/۱ ٪ و ۱۸/۷٪)، مدت زمان رسیدن به خستگی (۲۹/۷٪، ۱۹٪ و ۵۴/۴٪) و سرعت در آستانهٔ بی‌هوازی (۸/۴٪، ۹/۵٪ و ۱۸/۸٪)، به‌ترتیب در چهار هفتهٔ اول و دوم تمرینی و در مجموع هشت هفته تمرین، در مقایسه با روش‌های دیگر سبب پیشرفت بیشتری شده‌اند و شرکت در این تمرینات بر برخی متغیرهای پیش‌گو در عملکرد استقامتی ($VO2_{max}$، $vVO2_{max}$، T_{max}، vAT) ورزشکاران تمرین‌کردهٔ استقامتی مؤثرتر است.

منابع:

1. Kenefick, R.W., Mattern, C.O., Mahood, N.Y. (2002). Physiological variables at lactate threshold under represent cycling time trial intensity. J Sports Med Phys Fitness, 42(4):396-402

۲. اسفرجانی، فهیمه، (۱۳۸۷). تأثیر برنامهٔ تمرینی تناوبی بر توان هوازی بیشینه، پارامترهای لاکتات و زمان اجرای دو ۳۰۰۰ متر دوندگان تمرین‌کرده. رسالهٔ دکتری. دانشگاه تربیت معلم تهران.

3. Coyle, E.F. (1999). Physiological determinants of endurance exercise performance. J Sci Med Sport, 2:181-189

4. Coyle, E.F. (1995). Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. Exerc Sport Sci Reviews, 23:25-63

5. Yoshida, T., Udo, M., Iwai, K., Yamaguchi, T. (1993). Physiological characteristics related to endurance running performance in female distance runners. Sports Sci, 11(1):57-62

6. Evans, S.L., Davy, K.P., Seals, D.R. (1995). Physiological determinants of 10 Km performance in highly trained female runners of different ages. J Appl Physiol, 78(5):1931-1941

7. Mujika, I., Goya, A., Ruiz, E., Padilla, S. (2002). Physiological and

performance responses to a 6-day taper in middle distance runners: influence of training frequency. Int J Sports Moo, 23: 367-373

8. Londeree, R.B. (1997). Effect of training on lactate / ventilatory threshold: a meta-analysis. Med Sci Sport Exerc, 29(6):837-843

9. Overend, T.J., Paterson, D.H. (1992). Cunningham DA. The effect of interval and continuous on the aerobic parameters. Can J Sport Sci, 17(2): 129-134

10. Laursen, P.B., Shing, C.M., Peake, J.M., Coombes, J.S., Jenkins, D.G. (2005). Influence of high-intensity interval training on adaptations in well-trained cyclists. J Strength Cond Res, 19(3):527- 533.

11. Laursen, P.B., Jenkins, O.G. (2002). The scientific basis for high-intensity interval training: optimizing training programmes and maximizing performance in highly trained athletes. Sports Med, 32(1):53-73

12. Dupon, G., Blondel, N., Berthoin, S. (2003). Time spent at V02max: a methodological issue. Int J Sports Moo, 24:291-297

13. Edwards, A.M., Clark, N., Macfadyen, A.M. (2003). Lactate and ventilatory thresholds reflect the training status of professional soccer players where maximum aerobic power is unchanged. J Sports Sci Med, 2:23-2

14. Jung, A. (2003). The impact of resistance training on distance running performance. Sports Med, 33(7):539-552

15. Creer, A.R., Ricard, M.D., Conlee, R.K, Hoyt, G.L., Parcell, A.C. (2004). Neural, metabolic, and performance adaptations to four weeks of high intensity sprint-interval training in trained cyclists. Int J Sports Med, 25(2):92-8.

16. Paavolainen, L., Hamalainen, L. (1999). Explosive strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. J Appl Physiol, 86:1527-1533

17. Paavolainen, L., Nummela, A. (1999). Neuromuscular characteristics and muscle power as determinants of 5 km running performance. Med Sci Sports Exerc, 31(1):124-130 28

18. Marcinik, E.J., Schlabach, G., Dawson, P. (1991). Effects of strength training on . lactate threshold and endurance performance. Med Sci Sports Exerc, 23(6): 739-743

19. Brandon, U. (1995). Physiological factors associated with middle distance running performance. Sports Moo, 19(4):268-277

20. Billat, L.V., Koralsztein, P.J. (1996). Significance of the velocity at V02max and its time to exhaustion at this velocity. Sports Med, 22:90-108 75

21. Billat, L.V., Pinoteau, J. (1996). Effect of protocol in determination of velocity at VO2max and on time to exhaustion. Arch Physiol Biochem, 104:313-321

22. Evans, S.L., Davy, K.P., Seals, D.R. (1995). Physiological determinants of 10 Km performance in highly trained female runners of different ages. J Appl Physiol, 78(5):1931-1941

23. Evertsen, F., Bonen, A. (2001). Effect of training intensity on muscle lactate transporters and lactate threshold of cross-country skiers. Acta Physiol Scand, 173:195-205

24. Faina, M., Billat, L.V., Squadrone, R., Koralsztein, P.J., Monte, AD. (1997). A anaerobic contribution to time to exhaustion at the minimal exercise intensity at which maximal oxygen uptake occurs cyclists and swimmers. Eur J Appl Physiol, 76:13-20

25. Billat, L.V., Demarle, P.A., Kralsztein, P.J. (2002). Effect of training in human on off and on transient oxygen uptake kinetics after severe exhausting intensity runs. Eur J Appl Physiol, 87: 496- 505.

۲۶. گایینی، عباسعلی، رجبی، حمید، (۱۳۸۲). «آمادگی جسمانی». تهران: سمت.

27. Demarle, P.A., Heugas, A.M., Slawinski, LJ., Tricot, V.M., Koralsztein, P.J., Billat, L.V. (2003). Whichever the initial training status, any increase in velocity at lactate threshold appears as a major factor in improved time to exhaustion at the same severe velocity after training. Archi Physiol & Biochem, 111(2):167-176

28. Jones, A.M., Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. Sports Med, 29:373-386

29. Basset, D.R., Howley, T.E. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. Med Sci Sports Exerc, 32(1):70-84

30. Billat, L.V. (2001). Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle and long distance runnin, Part I: Aerobic interval training. Sports Med, 31(1):13-31

31. Billat, L.V. (2001). Interval training for performance: a scientific and empirical practice.Special recommendations for middle and long distance running. Part II: Aerobic interval training. Sports Med, 31(2):75-90

32. Kubukeli, Z.N., Noakes, T.D., Dennis, S.C. (2002). Training techniques

to improve endurance exercise performances. Sports Med, 32(8):489-509

33. Weltman, A. (1995). The Blood Lactate Response To Exercise. Champaign: Human Kinetics

34. Laursen, P.B., Jenkins, O.G. (2002). The scientific basis for high-intensity interval training: optimizing training programmes and maximizing performance in highly trained athletes. Sports Med, 32(1):53-73

35. RosIer, K., Hoppeler, H., Conley, K.E., Claassen, H., Gehr, P., Howald, H. (1985). Transfer effects in indurance exercise. Adaptations in trained and untrained muscles. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 54(4):355-362

36. Fay, L., Londeree, B.R., Lafontaine, T.P., Volek, M.R. (1989). Physiological parameters related to distance running performance in female athletes. Med Sci Sports Exerc, 21(3):319- 324

37. Hill, D.W., Rowell, A.L. (1996). Running velocity at V02max. Med Sci Sports Exerc, 28: 114-119

38. Poole, D.C., Gasser, G.A. (1985). Response of ventilatory and lactate threshold to continuous and interval training. J Appl Physiol, 58(4): 1115-1121

39. Tanaka, K. (1990). Lactate-related factors as a critical determination of endurance. Ann Physiol Anthropol, 9(2): 191-202

40. Rodas, G., Ventura, J.L., Parra, L. (2000). A short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. Eur J Appl Physiol, 82:480-486

41. Kubukeli, Z.N., Noakes, T.D., Dennis, S.C. (2002). Training techniques to improve endurance exercise performances. Sports Med, 32(8):489-509

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی