پژوهش در علوم ورزشی شماره ۹، بهار ۱۳۹۰، صص ۴۰-۲۵

تأثیر برنامهٔ تمرین تناوبی سرعتی شدید بر اجرای هوازی و بی‌هوازی مردان تمرین‌نکرده

مهدی بیاتی[۱]، * دکتر رضا قراخانلو[۲]، دکتر حمید آقاعلی‌نژاد[۳]، بابک فرزاد[۴]

تاریخ دریافت مقاله: ۸۸/۱۰/۲۷ تاریخ پذیرش مقاله:۸۹/۳/۱

چکیده

هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر چهار هفته تمرین تناوبی سرعتی شدید بر اجرای هوازی و بی‌هوازی مردان تمرین‌نکرده است. ۱۴ دانشجوی مرد تمرین‌نکرده که داوطلبانه در این پژوهش شرکت کرده بودند، به دو گروه تجربی و کنترل تقسیم شدند. پیش و پس از تمرینات، آزمودنی‌ها آزمون ورزشی فزاینده‌ای برای تعیین VO_{2max} و توان بیشینه در $(P_{max})VO_{2max}$، آزمون زمان تا واماندگی با $(T_{max})P_{max}$ و سه آزمون متناوب وینگیت را با چهار دقیقه بازگشت به حالت اولیه بین هر آزمون اجرا کردند. همچنین میزان لاکتات خون در زمان استراحت و در دقیقه‌های ۳ و ۲۰ بعد از آخرین آزمون وینگیت اندازه‌گیری شد. پروتکل تمرین تناوبی سرعتی شامل سه تا پنج تکرار ۳۰ ثانیه‌ای آزمون وینگیت با تمام توان به همراه چهار دقیقه بازگشت به حالت اولیه بین تکرارها بود که سه روز در هفته برای دوره‌ای چهار هفته‌ای اجرا می‌شد. گروه کنترل هیچ برنامهٔ تمرینی‌ای اجرا نمی‌کردند. بررسی داده‌ها، با استفاده از آزمون‌های t مستقل، t زوجی، تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری در سطح P<۰/۰۵ نشان داد در گروه تجربی، پس از تمرینات، VO_{2max}، P_{max}، T_{max}، حداکثر برون‌ده توان، میانگین برون‌ده توان، کل کار انجام شده و حداکثر لاکتات خون افزایشی معنی‌دار و لاکتات دورهٔ بازگشت به حالت اولیه کاهشی معنی‌دار یافت (P <۰/۰۵).در گروه کنترل، تغییر معنی‌داری در هیچ‌یک از متغیرها مشاهده نشد (P>۰/۰۵). یافته‌های پژوهش حاضر پیشنهاد می‌کند که یک دوره تمرین تناوبی سرعتی شدید با توجه به حجم بسیار کم آن (به‌طور میانگین ۲ دقیقه در هر جلسه) اجرای هوازی و بی‌هوازی را بهبود می‌بخشد.

کلیدواژه‌های فارسی: آزمون وینگیت، تمرین تناوبی سرعتی، اجرای هوازی و بی‌هوازی.

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه تربیت مدرس
۲. دانشیار دانشگاه تربیت مدرس E-mail:ghara_re@modares.ac.ir
۳. استادیار دانشگاه تربیت مدرس
۴. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه

برنامهٔ تمرینی مؤثر به ترکیبی از نوع، شدت، مدت و تعداد جلسات تمرین برای اعمال اضافه بار بر دستگاه‌های مختلف بدن و ایجاد سازگاری نیاز دارد. پژوهشگران تلاش می‌کنند این عوامل ضروری را تعدیل کنند تا سازگاری‌های مطلوب را به حداکثر برسانند (۱). یکی از روش‌های بهبود اجرا، تمرینات تناوبی سرعتی[1] است که در سال‌های اخیر، مورد توجه پژوهشگران علوم ورزشی قرار گرفته است. اگرچه تعریف جامعی از SIT وجود ندارد، معمولاً به وهله‌های تکراری متناوب نسبتاً کوتاه با شدت تمام یا شدتی نزدیک به بیشینه نسبت داده می‌شود. با توجه به شدت تمرینات، یک وهله SIT ممکن است ۵ ثانیه تا ۲ دقیقه طول بکشد (۲، ۳) که وهله‌های گوناگون، به‌وسیلهٔ چند دقیقه استراحت یا فعالیت با شدت کم از هم مجزا می‌شوند (۴). وهله‌های تناوبی سرعتی به دو صورت کوتاه (کمتر از ۱۰ ثانیه) و طولانی (۱۵ تا ۱۲۰ثانیه) اجرا می‌شوند (۳). برخلاف تمرینات قدرتی که کوشش‌های شدید کوتاه معمولاً علیه مقاومتی سنگین برای افزایش تودهٔ عضلهٔ اسکلتی انجام می‌شود، SIT اغلب، با فعالیت‌هایی مانند دوچرخه‌سواری یا دویدن همراه است که هایپرتروفی محسوسی در تار ایجاد نمی‌کند (۵). ویژگی بارز این‌گونه تمرینات حجم کم آن‌هاست (۴) به‌طوری که در مطالعه‌ای تنها با شش جلسه تمرین در طول دو هفته، بهبود قابل توجهی در عملکرد ورزشی مشاهده شد (۶).

برنامهٔ تمرین سرعتی، غلظت سوبستراهای انرژیکی و فعالیت آنزیم‌های مرتبط با متابولیسم بی‌هوازی را افزایش می‌دهد. سپس، با افزایش تواتر تکرارهای سرعتی و اجرای آن به‌صورت متناوب با بازگشت به حالت اولیه بین وهله‌های فعالیت، نیاز سلول عضلانی و مسیرهای متابولیکی تغییر می‌یابد، به‌گونه‌ای که هم‌زمان سیستم‌های تولید انرژی هوازی و بی‌هوازی در بازسازی ATP درگیر می‌شوند؛ بنابراین با به‌کارگیری این تمرینات می‌توان دامنهٔ وسیعی از سازگاری‌های عملکردی و سوخت و سازی را انتظار داشت (۳). بورگومستر و همکاران[2] (۲۰۰۵) گزارش کردند که تمرینات تناوبی سرعتی سبب افزایش آنزیم‌های اکسایشی و گلیکولیتیکی می‌شود (۶). پژوهش‌های متعددی از آزمون وینگیت به‌عنوان پروتکل تمرین SIT استفاده کرده‌اند (جدول ۱). با توجه به نتایج این پژوهش‌ها به نظر می‌رسد شدت فعالیت‌ها، تعداد تکرارها، تناوب‌ها و نوع بازگشت به حالت اولیه می‌تواند بر سازگاری‌های تمرینات تناوبی سرعتی مؤثر باشد.

همان‌طور که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود، با وجود مطالعات متعدد در مورد بررسی اثر این

---

1. Sprint Interval Training (SIT)
2. Burgomaster et al

پروتکل به‌عنوان تمرینات تناوبی سرعتی، پژوهشگران نتایج متفاوت و متناقضی در بهبود اجرا گزارش کرده‌اند (۷- ۱۱). پرسشی که مطرح می‌شود این است که آیا مدل تمرینی فوق می‌تواند هم‌زمان اجرای هوازی و بی‌هوازی را بهبود بخشد. با توجه به اینکه اثر این گونه تمرینات بر بهبود اجرا تنها به واسطهٔ یک شاخص هوازی و بی‌هوازی و در مطالعاتی اندک گزارش شده است (۱۲- ۱۶)؛ از این رو انجام مطالعات تکمیلی، با استفاده از شاخص‌های متعدد در اجرای هوازی و بی‌هوازی می‌تواند به تبیین بهتر موضوع کمک کند. بر این اساس، پژوهش حاضر درصدد یافتن این نکته است که اجرای هوازی و بی‌هوازی تا چه حد تحت تأثیر تمرینات تناوبی سرعتی، با استفاده از پروتکل وینگیت قرار می‌گیرند.

جدول ۱. سازگارهای تمرینات تناوبی سرعتی با استفاده از پروتکل وینگیت

پژوهشگر	آزمودنی‌ها	برنامه تمرینی	دورهٔ تمرینی	اجرای هوازی	اجرای بی‌هوازی	منبع
جانسون و همکاران (۱۹۹۰)	۷ مرد فعال	۳- ۶ وهله وینگیت با ۲۰ دقیقه استراحت بین هر وهله	۶ هفته، ۲-۳ جلسه در هفته	–	↔MPO ، ↔ PPO	۷
آلمریا و همکاران (۱۹۹۴)	۱۷ مرد تمرین‌نکرده	۳ وهله وینگیت با ۲۰ دقیقه استراحت بین هر وهله	۶ هفته، ۲-۳ جلسه در هفته	↔ VO_{2peak}	↔MPO ، ↔ PPO	۸
مک‌کینا و همکاران (۱۹۹۷)	۶ مرد غیرفعال	۱۰-۴ وهله وینگیت با ۴ دقیقه بازگشت به حالت اولیه	۷ هفته، ۳ جلسه در هفته	↑VO_{2max}	↓ FI ،↑TW، ↑MPO ،↑ PPO	۹
مک دوگال و همکاران (۱۹۹۸)	۲۲ مرد فعال	۱۰-۴ وهله وینگیت با ۴-۲ دقیقه بازگشت به حالت اولیه	۷ هفته، ۳ جلسه در هفته	↑VO_{2max}	↑TW ، ↑ PPO	۱۰
روداس و همکاران (۲۰۰۰)	۵ مرد فعال	۷-۲ وهله ۱۵ ثانیه‌ای با ۴۵ ثانیه استراحت به اضافهٔ ۷-۲ وهله وینگیت با ۱۲ دقیقه استراحت	۲ هفته تمرین روزانه	↑P_{max} ،↑VO_{2max}	↔ MPO ، ↔ PPO	۱۱
پارا و همکاران (۲۰۰۰)	۵ مرد فعال	۷-۲ وهله ۱۵ ثانیه‌ای با ۴۵ ثانیه استراحت به اضافهٔ ۷-۲ وهله وینگیت با ۱۲ دقیقه استراحت	۶ هفته، ۲-۳ جلسه در هفته	–	↑MPO ، ↑ PPO	۱۲
کریر و همکاران (۲۰۰۴)	۱۷ مرد دوچرخه‌سوار تمرین‌کرده	۱۰-۴ وهله وینگیت با ۴ دقیقه بازگشت به حالت اولیه	۴ هفته، ۲ جلسه در هفته	↑VO_{2max}	↔TW، ↑ MPO، ↑ PPO	۱۳
بارنت و همکاران (۲۰۰۴)	۱۶ مرد فعال تفریحی	۶-۳ وهله وینگیت با ۳ دقیقه بازگشت به حالت اولیه غیرفعال	۸ هفته، ۳ جلسه در هفته	↑VO_{2peak}	↑MPO ، ↑ PO	۱۴
بورگومستر و همکاران (۲۰۰۵)	۱۶ مرد فعال تفریحی	۷-۴ وهله وینگیت با ۴ دقیقه بازگشت به حالت اولیه	۲ هفته، ۳ جلسه در هفته	↔VO_{2peak}	↔MPO ، ↑ PPO	۶
بورگومستر و همکاران (۲۰۰۸)	۱۰ مرد و زن تمرین‌نکرده	۶-۴ وهله وینگیت با ۴/۵ دقیقه استراحت	۶ هفته، ۳ جلسه در هفته	↑VO_{2peak}	↑MPO ،↑ PPO	۱۵
بیلی و همکاران (۲۰۰۹)	۱۵ مرد فعال	۷-۴ وهله وینگیت با ۴ دقیقه بازگشت به حالت اولیه فعال	۲ هفته، ۳ جلسه در هفته	↑VO_{2max}	–	۱۶

VO_{2peak}؛ اوج اکسیژن مصرفی ، VO_{2max}؛ حداکثر اکسیژن مصرفی، P_{max}؛ حداکثر توان در VO_{2max}، PPO؛ حداکثر برون‌ده توان، MPO؛ میانگین برون‌ده توان، TW؛ کل کار انجام شده، FI؛ شاخص خستگی، ↑ ؛ افزایش معنی‌دار، ↓ ؛ کاهش معنی‌دار، ↔ ؛ عدم تغییر معنی‌دار.

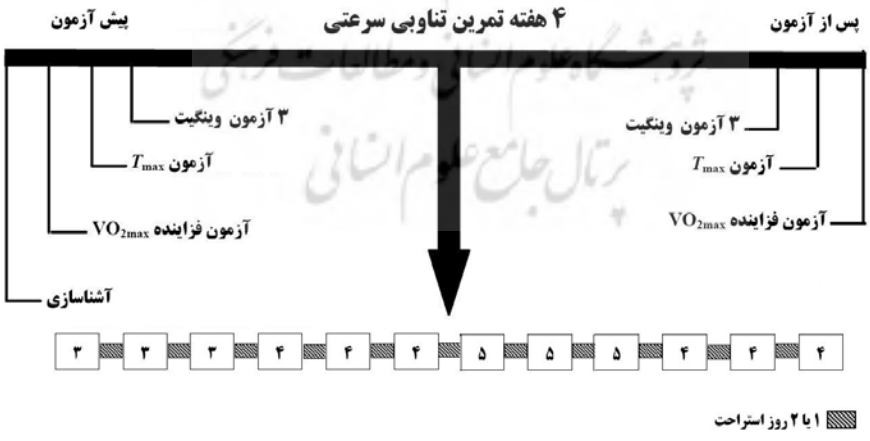
روش‌شناسی پژوهش

۱۴ دانشجوی مرد غیرفعال به‌صورت داوطلبانه در پژوهش شرکت کردند. ابتدا، تمام آزمودنی‌ها پرسشنامهٔ ارزیابی پزشکی را تکمیل کردند و پس از آگاهی از تمام مراحل پژوهش، رضایت خود را به‌صورت کتبی برای حضور در برنامه اعلام نمودند. آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی به دو گروه تجربی (n=۷) و کنترل (n=۷) تقسیم شدند (جدول ۲). هیچ‌یک از آزمودنی‌ها در سه ماه گذشته تمرینات تناوبی سرعتی انجام نداده بودند (۱۷).

جدول ۲. ویژگی‌های فردی گروه‌های تجربی و کنترل (میانگین ± انحراف معیار)

متغیرها / گروه‌ها	تعداد آزمودنی‌ها	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	درصد چربی (درصد)
گروه تجربی	۷	۲۵/۴±۰/۹	۱۷۴/۱±۹/۸	۷۰/۲±۱۳/۱	۱۸/۵±۵/۷
گروه کنترل	۷	۲۵/۲±۰/۷	۱۷۲/۱±۵/۸	۶۹/۰±۱۰/۴	۱۸/۸±۶/۹

آزمودنی‌ها، دو هفته پیش از آغاز تمرینات با نحوهٔ اجرای آزمون‌ها و چگونگی انجام برنامهٔ تمرینی آشنا شدند. یک هفته پیش و پس از تمرینات، برای تعیین VO_{2max} و توان در VO_{2max} (P_{max}) آزمون ورزشی فزاینده‌ای روی چرخ کارسنج و پس از مشخص شدن P_{max}، آزمون زمان تا واماندگی با P_{max} (T_{max}) اجرا شد. همچنین، آزمودنی‌ها سه وهله آزمون وینگیت را با چهار دقیقه بازگشت به حالت اولیه بین هر آزمون اجرا کردند. آزمون‌ها با فاصلهٔ ۴۸ ساعت و در ساعت مشخصی از روز اجرا شدند (شکل ۱).



شکل ۱. طرح شماتیک پژوهش

به‌منظور سنجش گازهای تنفسی روی چرخ کارسنج، آزمودنی‌ها پس از ۵ دقیقه حرکات کششی سبک، آزمون فزاینده‌ای را برای تعیین VO_{2max} و P_{max} اجرا کردند که شامل ۵ دقیقه رکاب زدن با مقاومت ۵۰ وات برای گرم کردن و سپس، هر دو ثانیه یک وات تا رسیدن به واماندگی به مقاومت افزوده می‌شد (۵). سرعت رکاب زدن بین ۶۰ الی ۷۰ دور در دقیقه حفظ می‌شد. گازهای تنفسی طی فعالیت، به‌صورت نفس به نفس با دستگاه گاز آنالایزر ZAN-۶۰۰ ساخت آلمان تجزیه و تحلیل شد. به‌علاوه، آزمودنی‌ها، به همراه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی، آزمون T_{max} را روی چرخ کارسنج انجام دادند به این صورت که ابتدا هر آزمودنی به مدت هشت دقیقه مرحلهٔ گرم کردن را انجام می‌داد که شامل چهار دقیقه حرکات کششی و چهار دقیقه رکاب زدن روی چرخ کارسنج با مقاومت ۵۰ وات (تعداد دور چرخ کارسنج بین ۶۰ الی ۷۰) بود و سپس، به مدت یک تا دو دقیقه روی چرخ کارسنج استراحت کردند. بعد از اعلام آمادگی توسط آزمودنی، مقدار وات چرخ کارسنج به مقدار P_{max} افزایش پیدا می‌کرد. زمان‌سنج از لحظه‌ای که تعداد دور چرخ کارسنج بین ۶۰ الی ۷۰ دور در دقیقه می‌رسید، شروع به کار می‌کرد و هرگاه تعداد دور چرخ کارسنج به کمتر از ۶۰ دور در دقیقه می‌رسید، متوقف (۱۸) و رکورد مورد نظر به ثانیه ثبت می‌شد.

برای اجرای آزمون وینگیت، مقاومتی برابر با ۷/۵ درصد وزن بدن فرد اعمال شد. آزمودنی‌ها سه آزمون وینگیت ۳۰ ثانیه‌ای را با فاصلهٔ چهار دقیقه از هم، قبل و بعد از تمرینات انجام دادند. حداکثر برون‌ده توان[1] و میانگین برون‌ده توان[2]، با استفاده از نرم‌افزار وینگیت و کلّ کار انجام شده[3] بر اساس فرمول کار (حاصل‌ضرب میانگین برون‌ده توان در زمان فعالیت تقسیم بر ۱۰۰۰ یا به عبارت دیگر، $TW\ (kJ) = (T \times W)/1000$ (۱۰) برای هر آزمون ثبت می‌شد. آزمون وینگیت روی چرخ کارسنج مونارک مدل ۸۹۴E ساخت کشور سوئد اجرا شد.

نمونه‌های خونی لاکتات از انگشت اشاره، در حالت استراحت و در دقایق ۳ و ۲۰ پس از آخرین آزمون وینگیت گرفته شد؛ بدین صورت که ابتدا نوک انگشت اشارهٔ آزمودنی‌ها به‌وسیلهٔ پنبهٔ آغشته به الکل تمیز می‌شد. سپس، با لانست سوراخ کوچکی روی نوک انگشت ایجاد و خون ابتدایی با پنبه پاک می‌شد و لاکتات از نمونهٔ دوم خونی دریافت می‌شد. نمونه ها با استفاده از دستگاه تجزیه تحلیل لاکتات[4] (ضریب تغییرات برابر با ۸-۳ درصد) ساخت کشور آلمان اندازه‌گیری شد (۱۹).

---

1. Peak Power Output (PPO)
2. Mean Power Output (MPO)
3. Total Work (TW)
4. Lactate Scout, Senslab GmbH Leipzig

در این پژوهش از آزمون وینگیت به‌عنوان پروتکل تمرین تناوبی سرعتی استفاده شد. گروه تجربی این پروتکل تمرینی را سه جلسه در هفته، به مدت چهار هفته اجرا کردند که شامل سه آزمون وینگیت ۳۰ ثانیه‌ای با فاصلهٔ چهار دقیقه بین هر آزمون در هفتهٔ اول بود که تا هفتهٔ سوم، به‌صورت فزاینده هر هفته یک آزمون وینگیت اضافه شد و در هفتهٔ آخر یک وهله کاهش پیدا کرد (جدول ۳).

تمام یافته‌ها با میانگین ± انحراف استاندارد گزارش شده است. از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای تعیین نحوهٔ توزیع داده‌ها استفاده شد و با توجه به اینکه نتایج این آزمون طبیعی بودن توزیع داده‌ها را نشان داد، از آزمون‌های پارامتریک استفاده شد. اختلاف بین پیش و پس از تمرینات در گروه‌ها با آزمون t زوجی و اختلاف بین گروه‌ها با آزمون t مستقل اندازه‌گیری شد. داده‌های لاکتات و آزمون وینگیت، با استفاده از اندازه‌گیری‌های تکراری (۳ تکرار × ۲ گروه) با آزمون تعقیبی توکی ارزیابی شد. اختلاف معنی‌داری آماری در سطح P<۰/۰۵ تعیین شد.

جدول ۳. تکرارها، زمان انجام فعالیت و بازگشت به حالت اولیه در هر جلسه و در هفته طی دورهٔ تمرینی

هفته	تعداد تکرار	زمان انجام فعالیت در هر جلسه (دقیقه)	زمان بازگشت به حالت اولیه بین تکرارها در هر جلسه (دقیقه)	زمان انجام فعالیت در هر هفته (دقیقه)	زمان بازگشت به حالت اولیه بین تکرارها در هر هفته (دقیقه)
اول	۳	۱/۵	۱۲	۴/۵	۳۶
دوم	۴	۲	۱۶	۶	۴۸
سوم	۵	۲/۵	۲۰	۷/۵	۶۰
چهارم	۴	۲	۱۶	۶	۴۸

یافته‌های پژوهش

در نتیجهٔ تمرینات، افزایش معنی‌داری در VO_{2max} (٪۵/۸)، P_{max} (٪۱۲/۸) و T_{max} (٪۴۸/۵) در گروه تجربی مشاهده شد (جدول ۴). حداکثر غلظت لاکتات خون در پس‌آزمون، در مقایسه با پیش‌آزمون در گروه SIT، به گونهٔ معنی‌داری افزایش یافت (P= ۰/۰۱)، به‌علاوه، بین دو گروه در حداکثر غلظت لاکتات خون در پس‌آزمون اختلاف معنی‌داری وجود داشت (*P* =۰ /۰۳). در لاکتات خون دورهٔ بازگشت به حالت اولیه، بین پیش‌آزمون پس‌آزمون گروه SIT اختلاف

معنی‌داری مشاهده شد (P=۰ /۰۲۰)، به‌علاوه، لاکتات خون دورهٔ بازگشت به حالت اولیه در پس‌آزمون، بین دو گروه اختلافی معنی‌دار داشت (P=۰ /۰۳۱) (نمودار ۱).

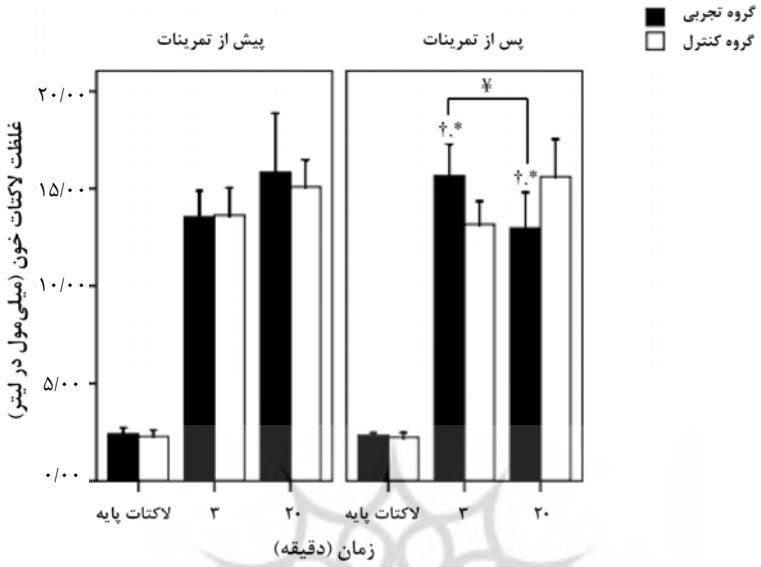
پس از تمرینات، حداکثر برون‌ده توان در اولین (P=۰/۰۰۹)، دومین (P=۰/۰۰۵) و سومین (P=۰/۰۱۹) آزمون وینگیت در گروه SIT، به‌گونه‌ای معنی‌دار افزایش یافت. همچنین حداکثر برون‌ده توان آزمون اول در پس‌آزمون، بین دو گروه اختلافی معنی‌دار داشت (P=۰/۰۰۹) (نمودار ۲). میانگین برون‌ده توان در وینگیت اول در گروه SIT، پس از تمرینات افزایش یافت (P=۰ /۰۲۶). همچنین، میانگین برون‌ده توان آزمون وینگیت اول (P=۰/۰۱۶) و دوم (P=۰/۰۳۹) در پس‌آزمون بین دو گروه اختلافی معنی‌دار داشت. از نظر کل کار انجام شده در وینگیت اول، بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه SIT اختلافی معنی‌دار مشاهده شد (P=۰ /۰۲۶). همچنین، کل کار انجام شده وینگیت اول (P=۰/۰۱۶) و وینگیت دوم (P=۰/۰۳۹) در پس‌آزمون بین دو گروه اختلافی معنی‌دار داشت (نمودار ۳).

جدول ۴. شاخص‌های اجرای هوازی، پیش و پس از تمرینات در گروه‌های تجربی و کنترل

متغیرها	گروه	پیش از تمرینات	پس از تمرینات	P
VO_{2max} (میلی‌لیتر به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در دقیقه)	SIT	۴۴/۶±۴/۳	۴۷/۲±۳/۹۱	۰/۰۰۱
	CO	۴۵/۱±۳/۹	۴۴/۷±۴/۲	NS
P_{max} (وات)	SIT	۲۴۲/۴±۲۶/۲	†۲۷۳/۵±۲۲/۸	۰/۰۰۱
	CO	۲۴۱/۸±۲۴/۸	۲۳۷/۱±۳۱/۸	NS
T_{max} (ثانیه)	SIT	۱۳۱/۵±۲۶/۷	†۱۹۵/۳±۱۴/۰	۰/۰۰۱
	CO	۱۳۴/۵±۳۵/۵	۱۳۱/۰±۲۶/۷	NS

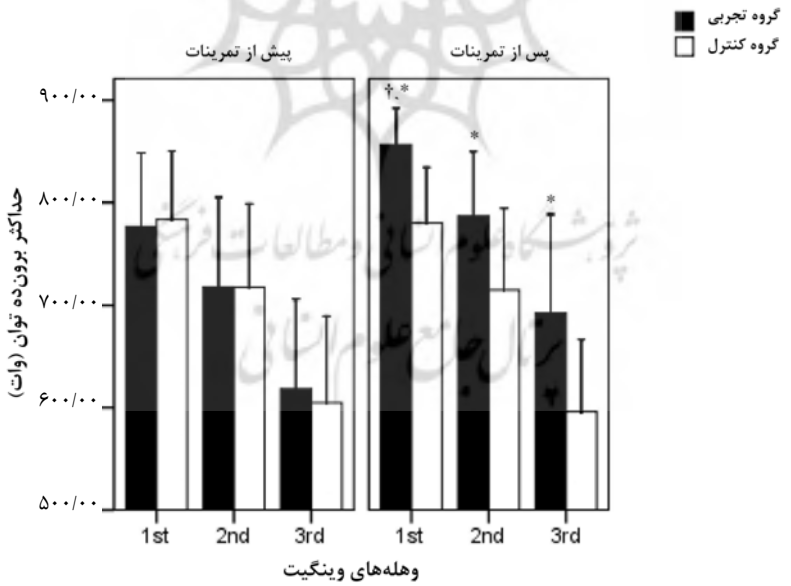
†: تفاوت معنی‌دار بین گروه تجربی و کنترل (P<۰/۰۵)؛ NS: غیرمعنی‌دار

پرتال جامع علوم انسانی



نمودار ۱. میانگین لاکتات خون پایه و دقایق ۳ و ۲۰ بعد از سومین وینگیت، پیش و پس از تمرینات

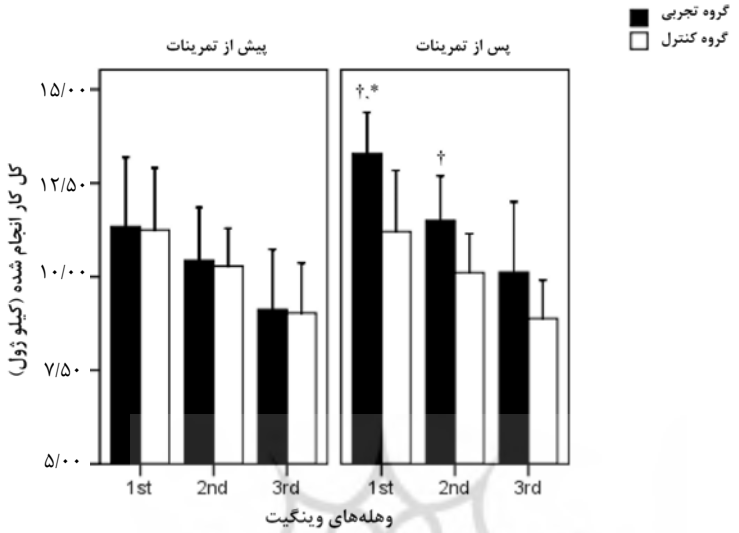
*: تفاوت معنی‌داری بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون (P<۰/۰۵)؛ †: تفاوت معنی‌دار بین دو گروه (P<۰/۰۵)؛



¥: تفاوت معنی‌دار بین دقیقهٔ ۳ و ۲۰

نمودار ۲. حداکثر برون‌ده توان سه وهله آزمون وینگیت، پیش و پس از تمرینات

*: تفاوت معنی‌داری بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون (P<۰/۰۵)؛ †: تفاوت معنی‌داری بین دو گروه (P<۰/۰۵)



نمودار ۳. کل کار انجام شده در سه وهله وینگیت، پیش و پس از تمرینات

*: تفاوت معنی‌داری بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون ($P<۰/۰۵$)؛†: تفاوت معنی‌داری بین دو گروه ($P <۰/۰۵$)

بحث و نتیجه‌گیری

مهم‌ترین یافتهٔ پژوهش حاضر این بود که تمرینات تناوبی سرعتی شدید، با وجود حجم بسیار کم می‌تواند هم اجرای هوازی و هم اجرای بی‌هوازی را بهبود بخشد. از آنجا که تکرار وهله‌های سرعتی به میزانی از بازسازی ATP توسط هر یک از سیستم‌های انرژی نیاز دارد، می‌توان دامنهٔ وسیعی از سازگاری‌های عملکردی و متابولیکی را انتظار داشت (۳).

در طول وهله‌های کوتاه‌مدت فعالیت با شدت بیشینه، متابولیسم فسفاژن‌های پرانرژی، گلیکولیز و متابولیسم اکسایشی، همگی در چرخهٔ بازسازی ATP مشارکت می‌کنند (۶). نشان داده شده است که افزایش فعالیت آنزیم‌های تنظیمی کلیدی این سیستم‌های انرژی، در بهبود اجرای سرعتی نقش دارند؛ از این رو به نظر می‌رسد هم وهله‌های فعالیت سرعتی و هم تواتر تمرینات، بر اجرا و سازگاری آنزیمی مؤثر باشند (۲۰). بیلات و بیشاپ[1] (۲۰۰۹) گزارش کردند که سهم تولید انرژی یک وهله فعالیت ۳۰ ثانیه‌ای سرعتی متشکل از: ۱۸٪ ATP، ۲٪ فسفاژن، ۲۵٪ گلیکولیز بی‌هوازی و ۵۵٪ اکسیداسیون است (۲۱). با وجود این، چند وهلهٔ ۳۰ ثانیه‌ای با

1. Billaut & Bishop

حداکثر توان و تناوب‌های استراحتی کوتاه بین وهله‌ها، سهم مشارکت نسبی متابولیسم هوازی را افزایش می‌دهد که احتمالاً به‌دلیل افزایش پویایی اکسیژن مصرفی[1] است (۲۲).

در پژوهش حاضر، پس از تمرینات، VO_{2max} در گروه تجربی به میزان ۵/۸٪ افزایش یافت ممکن است که به‌دلیل افزایش تحویل اکسیژن به عضلات فعال یا افزایش برداشت اکسیژن در عضلات فعال (افزایش شبکهٔ مویرگی و چگالی میتوکندریایی) باشد (۲۳)، همچنان که بسیاری از مطالعات افزایش فعالیت آنزیم‌های اکسایشی را گزارش کرده‌اند که بیانگر افزایش ظرفیت هوازی است (۶، ۱۰، ۱۴). همسو با یافته‌های پژوهش حاضر، مک دوگال و همکاران[2] (۱۹۹۸) نشان دادند هفت هفته تمرین تناوبی سرعتی با پروتکل وینگیت به افزایش VO_{2max} منجر می‌شود (۱۰). لارسن و همکاران[3] (۲۰۰۲) گزارش کردند که چهار هفته تمرین تناوبی شدید موجب افزایش معنی‌دار(۳٪) VO_{2peak} می‌شود (۲۴). راکوبوچاک و همکاران[4] (۲۰۰۸) افزایش معنی‌دار (۷/۳٪) VO_{2peak} را به دنبال شش هفته تمرین تناوبی سرعتی گزارش کردند (۲۵). بورگومستر و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند شش هفته تمرین تناوبی سرعتی موجب افزایش معنی‌دار VO_{2peak} می‌شود (۱۵). همچنین بیلی و همکاران[5] (۲۰۰۹) افزایش معنی‌دار VO_{2peak} را پس از دو هفته تمرین تکرارهای سرعتی گزارش کردند (۱۶). البته برخی پژوهش‌ها نیز عدم تغییر VO_{2max} را به دنبال تمرینات تناوبی سرعتی گزارش کردند؛ از جمله لینوسیر و همکاران[6] (۱۹۹۳) عدم تغییر در VO_{2peak} را پس از هفت هفته تمرین تناوبی سرعتی (وهله‌های پنج ثانیه‌ای با شدت تمام و ۵۵ ثانیه استراحت بین وهله‌ها) گزارش کردند (۲۶). همچنین، لارسن و همکاران (۲۰۰۲) و بورگومستر و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که دو هفته تمرینات تناوبی شدید موجب افزایش معنی‌دار VO_{2peak} نمی‌شود (۲۷،۵). عدم تغییر VO_{2peak} در این مطالعات ممکن است به‌دلیل استفاده از آزمودنی‌های تمرین‌کرده یا کوتاه بودن دورهٔ تمرین (دو هفته) و تعداد کم جلسات تمرینی باشد.

افزایش P_{max} و T_{max} از دیگر سازگاری‌های مشاهده شده در پژوهش حاضر است (جدول ۳). پس از تمرینات، افزایش معنی‌دار ۱۲/۸ درصدی در P_{max} در مشاهده شد (P=۰/۰۰۱) که این افزایش با پیشینه هم‌خوانی دارد. لارسن و همکاران (۲۰۰۲) پس از چهار هفته تمرینات تناوبی

1. VO2 kinetics
2. MacDougall, et al.
3. Laursen, et al .
4. Rakobowchuk, et al.
5. Bailey, et al.
6. Linossier, et al.

شدید، افزایش معنی‌دار P_{max} را در ۱۰ دوچرخه سوار تمرین‌کرده گزارش کردند (۲۴). دوفیلد و همکاران[1] (۲۰۰۶) نیز نشان دادند که هشت هفته تمرینات تناوبی شدید (سه جلسه در هفته) در زنان فعال به افزایش معنی‌دار P_{max} (۲۰۴±۲۵ در مقابل ۱۷۰±۲۶ وات) منجر می‌شود (۲۸). گراس و همکاران[2] (۲۰۰۷) افزایش معنی‌دار ۷ درصدی P_{max} را با سه هفته تمرینات تناوبی شدید (تمرین در روزهای متوالی یا غیرمتوالی) در دوچرخه سواران تمرین‌کرده گزارش کردند (۲۹)، به‌علاوه در پژوهش حاضر، زمان تمرین تا واماندگی با P_{max} (T_{max}) به گونه‌ای معنی‌دار از ۱۳۱/۵ ثانیه به ۱۹۵/۳ ثانیه افزایش یافت. این افزایش ۴۸/۵ درصدی در T_{max} با پژوهش ردی و همکاران[3] (۱۹۸۱) هم‌خوانی دارد. آن‌ها گزارش کردند که شش هفته تمرینات تناوبی شدید موجب افزایش T_{max} (۴۷/۵٪) در زنان می‌شود (۳۰). البته نتیجه این پژوهش با یافته‌های لارسن و همکاران (۲۰۰۲) که از دوچرخه‌سواران نخبه استفاده کرده بودند، همسو نیست. آن‌ها عدم تغییر زمان تا واماندگی را با چهار هفته تمرین تناوبی شدید گزارش کردند (۲۴). داوسون و همکاران[4] (۱۹۹۸) پیشنهاد کردند که افزایش مشاهده شده در دویدن تا واماندگی، پس از تمرینات سرعتی کوتاه، ممکن است به‌دلیل بهبود ظرفیت بافرینگ در عضله باشد (۳). وستون و همکاران[5] (۱۹۹۷) تنها پس از سه هفته تمرینات تناوبی شدید، مشاهده کردندکه ظرفیت بافرینگ عضلات اسکلتی افزایشی معنی‌دار یافته است. آن‌ها همچنین دریافتند بین اجرای ۴۰ کیلومتر تایم‌تریل و ظرفیت بافرینگ عضلهٔ اسکلتی در دوچرخه سواران بسیار تمرین‌کرده، رابطهٔ معنی‌داری وجود دارد. این یافته‌ها پیشنهاد می‌کنند که بهبود اجرای هوازی در پی تمرینات تناوبی شدید ممکن است به‌دلیل افزایش توانایی در بافر کردن یون هیدروژن (H^+) باشد (۲۳)، همچنان که در پژوهش حاضر، لاکتات خون دورهٔ بازگشت به حالت اولیه کاهشی معنی‌دار یافت (نمودار ۱).

از یافته‌های دیگر این پژوهش می‌توان به افزایش معنی‌دار حداکثر غلظت لاکتات خون در گروه SIT، پس از تمرینات اشاره کرد ($P< ۰/۰۵$). استوکز و همکاران[6] (۲۰۰۴) پس از شش هفته تمرین تناوبی سرعتی، حداکثر غلظت لاکتات خون بیشتری را پس از ورزش و غلظت لاکتات خون کمتری را در دورهٔ بازگشت به حالت اولیه گزارش کردند (۳۱) که با یافته‌های پژوهش

1. Duffield, et al.
2. Gross, et al.
3. Ready, et al.
4. Dawson, et al.
5. Weston, et al.
6. Stokes, et al.

حاضر همسو است. همچنین جاکوبز و همکاران[1] (۱۹۸۷) و کریر و همکاران[2] (۲۰۰۴) نشان دادند که حداکثر غلظت لاکتات خون با تمرینات تناوبی سرعتی افزایش می‌یابد (۱۳، ۳۲).
بهبود اجرای بی‌هوازی شامل افزایش معنی‌دار PPO، MPO و TW در سه وهلهٔ وینگیت بود. این یافته‌ها با یافته‌های مک‌کینا و همکاران[3] (۱۹۹۷)، بارنت و همکاران[4] (۲۰۰۴) و بورگومستر بورگومستر و همکاران (۲۰۰۸) هم‌خوانی دارد. مک‌کینا و همکاران (۱۹۹۷) بهبود معنی‌دار PPO، MPO و TW را پس از هفت هفته تمرینات تناوبی سرعتی گزارش کردند (۹). بارنت و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که هشت هفته تمرین تناوبی سرعتی موجب افزایش PPO و MPO در افراد فعال می‌شود (۱۴). بورگومستر و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند شش هفته تمرین تناوبی سرعتی به افزایش ۱۷ درصدی PPO و افزایش ۷ درصدی MPO منجر می‌شود (۱۵). در مقابل، برخی پژوهش‌ها به نتایج متفاوتی دست یافته‌اند؛ از جمله جاکوبز و همکاران (۱۹۸۷) نشان دادند شش هفته تمرین تناوبی سرعتی، افزایشی در مقادیر PPO و MPO ایجاد نکرد (۳۲). همچنین آلمریا و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که شش هفته تمرین تناوبی شدید موجب بهبود PPO وMPO نمی‌شود (۸). کریر و همکاران (۲۰۰۴) پس از چهار هفته تمرینات تناوبی سرعتی شدید، تغییری در TW مشاهده نکردند (۱۳). دلایل احتمالی افزایش PPO، MPO و TW را می‌توان، افزایش سوبستراهای در دسترس عضله دانست. روداس و همکاران (۲۰۰۰) افزایش معنی‌دار فسفوکراتین (۳۱٪) و گلیکوژن عضلانی (۳۲٪) را پس از دو هفته تمرین روزانه تناوبی سرعتی شدید (۲- ۷ تکرار ۱۵ ثانیه‌ای با ۴۵ ثانیه استراحت به اضافهٔ ۲- ۷ وهله وینگیت با ۱۲ دقیقه استراحت) گزارش کردند (۱۱). بارنت و همکاران (۲۰۰۴) مشاهده کردند که هشت هفته تمرین تناوبی سرعتی (۳- ۶ وهله وینگیت) محتوای استراحتی گلیکوژن عضلانی را افزایش می‌دهد (۱۴). بورگومستر و همکاران (۲۰۰۵) پس از شش جلسه تمرین تناوبی سرعتی در طول دو هفته (۴- ۷ وهله آزمون ۳۰ ثانیه‌ای وینگیت)، افزایش محتوای استراحتی گلیکوژن عضله (۲۶٪) را گزارش کردند (۶). همچنین آن‌ها (۲۰۰۶) مشاهده کردند به دنبال دو هفته تمرین تناوبی سرعتی گیلکوژن عضلانی، ۵۰ درصد افزایش می‌یابد (۳۳)، به‌علاوه، می‌توان تغییر در نیم‌رخ تارهای عضلانی را یکی دیگر از سازوکارهای بهبود اجرای بی‌هوازی در اثر تمرینات تناوبی سرعتی بیان کرد. جاکوبز و همکاران (۱۹۸۷) پس از شش هفته تمرین تناوبی سرعتی (۲- ۶ وهلهٔ ۱۵ ثانیه‌ای با تمام شدت و ۲- ۶ وهلهٔ ۳۰

1. Jacobs, et al.
2. Creer, et al.
3. McKenna, et al.
4. Barnett, et al.

ثانیه‌ای با تمام شدت روی دوچرخه‌ی کارسنج) دریافتند درصد تارهای تند تنش اکسایشی[1] افزایشی معنی‌دار و تارهای کند تنش[2] کاهشی غیرمعنی‌دار یافته است(۳۲). داوسون و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که شش هفته تمرین تناوبی سرعتی (۲۰- ۴۰ تکرار ۳۰- ۸۰ متری با ۹۰- ۱۰۰٪ حداکثر سرعت) نسبت تارهای نوع ۲ را افزایش و تارهای نوع ۱ را به گونه‌ای معنی‌دار کاهش می‌دهد (۳). همچنین، جانسون و همکاران[3] (۱۹۹۰) با بررسی اثر چهار تا شش هفته تمرین تناوبی شدید بر نسبت تارها، افزایش نسبت تارهای نوع ۲ را از ۳۲٪ به ۳۸٪ و کاهش نسبت تارهای نوع ۱ از ۵۷٪ به ۴۸٪ را گزارش کردند (۷).

افزایش آنزیم‌های بی‌هوازی یکی دیگر از سازوکارهای بهبود اجرای بی‌هوازی است. لینوسیر و همکاران (۱۹۹۳) پس از هفت هفته تمرین تناوبی سرعتی، افزایش حداکثر فعالیت فسفوفروکتوکیناز (۲۰٪) و لاکتات دهیدروژناز (۱۹٪) را گزارش کردند (۲۶). هلستن و همکاران[4] (۱۹۹۶) نشان دادند که شش هفته تمرین تناوبی سرعتی (۱۵ وهلهٔ ۱۰ ثانیه‌ای دوچرخه‌سواری) موجب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های فسفوفروکتوکیناز و کراتین‌کیناز عضلانی می‌شود که بیانگر افزایش ظرفیت بی‌هوازی در عضلات تمرین‌کرده است (۳۴). همچنین، مک دوگال و همکاران (۱۹۹۸) نشان دادند که هفت هفته تمرین تناوبی سرعتی فعالیت آنزیم‌های هگزوکیناز، فسفوفروکتوکیناز را پس از تمرینات به‌صورت معنی‌داری افزایش می‌دهد (۱۰). حال با توجه به اینکه در پژوهش حاضر، آنزیم‌ها اندازه‌گیری نشده‌اند، از یافته‌های فوق می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً بخشی از بهبود بی‌هوازی در این مطالعه به افزایش آنزیم‌های بی‌هوازی مرتبط است.

در مجموع، پژوهش حاضر تغییرات برخی شاخص‌های اجرای هوازی و بی‌هوازی را با چهار هفته تمرینات تناوبی سرعتی شدید بررسی کرد. مهم‌ترین یافتهٔ پژوهش این بود که تمرینات تناوبی سرعتی شدید با وجود حجم بسیار کم (به‌طور میانگین دو دقیقه در هر جلسه) می‌تواند هم اجرای هوازی و هم بی‌هوازی را بهبود بخشد؛ از این رو، این‌گونه تمرینات می‌توانند در برنامهٔ تمرینی ورزشکاران گنجانده شوند.

1. Fast Twitch a (FTa)
2. Slow Twitch (ST)
3. Jansson, et al.
4. Hellsten, et al.

منابع:

1. Meckel, Y., Eliakim, A., Seraev, M., Zaldivar, F., Cooper, D.M., Sagiv, M., et al. (2009). The effect of a brief sprint interval exercise on growth factors and inflammatory mediators. J Strength Conditioning Res, 23(1):225–230.
2. McKay, B.R., Paterson, D.H., Kowalchuk, J.M. (2009). Effect of short-term high-intensity interval training vs. continuous training on O2 uptake kinetics, muscle deoxygenation, and exercise performance. J Appl Physiol, 107(1):128-138.
3. Dawson, B., Fitzsimons, M., Green, S., Goodman, C., Carey, M., Cole, K. (1998). Changes in performance, muscle metabolites, enzymes and fibre types after short sprint training. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 78(2):163-169.
4. Gibala, M.J., McGee, S.L. (2008). Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain? Exerc Sport Sci Rev, 36(2):58-63.
5. Gibala, M.J., Little, J.P., Van Essen, M., Wilkin, G.P., Burgomaster, K.A., Safdar, A., et al. (2006). Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. J Physiol, 575(Pt 3):901-911.
6. Burgomaster, K.A., Hughes, S.C., Heigenhauser, G.J., Bradwell, S.N., Gibala, M.J. (2005). Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. J Appl Physiol, 98(6):1985-1990.
7. Jansson, E., Esbjörnsson, M., Holm, I., Jacobs, I. (1990). Increase in the proportion of fast-twitch muscle fibres by sprint training in males. Acta Physiol Scand, 140(3):359-363.
8. Allemeier, C.A., Fry, A.C., Johnson, P., Hikida, R.S., Hagerman, F.C., Staron, R.S. (1994). Effects of sprint cycle training on human skeletal muscle. J Appl Physiol, 77(5):2385-2390.
9. McKenna, M.J., Heigenhauser, G.J., McKelvie, R.S., MacDougall, J.D., Jones, N.L. (1997). Sprint training enhances ionic regulation during intense exercise in men. J Physiol, 501 (Pt 3):687-702.
10. MacDougall, J.D., Hicks, A.L., MacDonald, J.R., McKelvie, R.S., Green, H.J., Smith, K.M. (1998). Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. J Appl Physiol, 84(6):2138-2142.
11. Rodas, G., Ventura, J.L., Cadefau, J.A., Cussó, R., Parra, J. (2000). A short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. Eur J Appl Physiol, 82(5-6):480-486.

12. Parra, J., Cadefau, J.A., Rodas, G., Amigó, N., Cussó, R. (2000). The distribution of rest periods affects performance and adaptations of energy metabolism induced by high-intensity training in human muscle. Acta Physiol Scand, 169:157-165.

13. 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):92-98.

14. Barnett, C., Carey, M., Proietto, J., Cerin, E., Febbraio, M.A., Jenkins, D. (2004). Muscle metabolism during sprint exercise in man: influence of sprint training. J Sci Med Sport, 7(3):314-322.

15. Burgomaster, K.A., Howarth, K.R., Phillips, S.M., Rakobowchuk, M., MacDonald, M.J., McGee, S.L., et al. (2008). Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. J Physiol, 586(1):151–160.

16. Bailey, S.J., Wilkerson, D.P., Dimenna, F.J., Jones, A.M. (2009). Influence of repeated sprint training on pulmonary O2 uptake and muscle deoxygenation kinetics in humans. J Appl Physiol, 106(6):1875-1887.

17. Forbes, S.C., Slade, J.M., Meyer, R.A. (2008). Short-term high-intensity interval training improves phosphocreatine recovery kinetics following moderate-intensity exercise in humans. Appl Physiol Nutr Metab, 33(6):1124-1131.

18. 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.

19. Amann, M., Subudhi, A.W., Foster, C. (2006). Predictive validity of ventilatory and lactate thresholds for cycling time trial performance. Scand J Med Sci Sports, 16(1):27-34.

20. Ross, A., Leveritt, M. (2001). Long-term metabolic and skeletal muscle adaptations to short-sprint training: implications for sprint training and tapering. Sports Med, 31(15):1063-1082.

21. Billaut, F., Bishop, D. (2009). Muscle fatigue in males and females during multiple-sprint exercise. Sports Med, 39(4):257-278.

22. Glaister, M. (2005). Multiple Sprint Work. Physiological Responses, Mechanisms of Fatigue and the Influence of Aerobic Fitness. Sports Med, 35(9):757-777.

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

24. Laursen, P.B., Shing, C.M., Peake, J.M., Coombes, J.S., Jenkins, D.G. (2002). Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. Med Sci Sports Exerc, 34(11):1801-1807.

25. Rakobowchuk, M., Tanguay, S., Burgomaster, K.A., Howarth, K.R., Gibala, M.J., MacDonald, M.J. (2008). Sprint interval and traditional endurance training induce similar improvements in peripheral arterial stiffness and flow-mediated dilation in healthy humans. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol, 295(1):R236-242.

26. Linossier, M.T., Denis, C., Dormois, D., Geyssant, A., Lacour, J.R. (1993). Ergometric and metabolic adaptation to a 5-s sprint training programme. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 67(5):408-414.

27. Laursen, P.B., Blanchard, M.A., Jenkins, D.G. (2002). Acute high-intensity interval training improves T_{vent} and peak power output in highly trained males. Can J Appl Physiol, 27(4):336-348.

28. Duffield, R., Edge, J., Bishop, D. (2006). Effects of high-intensity interval training on the VO2 response during severe exercise. J Sci Med Sport, 9(3):249-255.

29. Gross, M., Swensen, T., King, D. (2007). Nonconsecutive- versus consecutive-day high-intensity interval training in cyclists. Med Sci Sports Exerc, 39(9):1666-1671.

30. Ready, A.E., Eynon, R.B., Cunningham, D.A. (1981). Effect of interval training and detraining on anaerobic fitness in women. Can J Appl Sport Sci, 6(3):114-118.

31. Stokes, K.A., Nevill, M.E., Cherry, P.W., Lakomy, H.K.A., Hall, G.M. (2004). Effect of 6 weeks of sprint training on growth hormone responses to sprinting. Eur J Appl Physiol, 92(1-2):26-32.

32. Jacobs, I., Esbjörnsson, M., Sylvén, C., Holm, I., Jansson, E. (1987). Sprint training effects on muscle myoglobin, enzymes, fiber types, and blood lactate. Med Sci Sports Exerc, 19(4):368-374.

33. Burgomaster, K.A., Heigenhauser, G.J., Gibala, M.J. (2006). Effect of short-term sprint interval training on human skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise and time-trial performance. J Appl Physiol, 100(6):2041-2047.

34. Hellsten, Y., Apple, F.S., Sjödin, B. (1996). Effect of sprint cycle training on activities of antioxidant enzymes in human skeletal muscle. J Appl Physiol, 81(4):1484-1487.