تأثیر تمرینات تناوبی شدید و تمرینات تداومی متوسط بر شاخص های هوازی و بی‌هوازی در پسران ورزشکار

معرفت سیاهکوهیان[۱]، داور خدادادی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۴/۰۳ تاریخ پذیرش:۱۳۹۱/۱۲/۰۵

چکیده

هدف از مطالعهٔ حاضر، مقایسهٔ اثر برنامهٔ تمرین تناوبی شدید و تمرین تداومی متوسط بر حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2max})، آستانهٔ تهویه‌ای (VT) و نقطهٔ جبران تنفسی (RCP)، زمان اجرای دو ۳۰۰۰ متر و همچنین اوج توان تولیدی (PPO) و میانگین توان تولیدی (MPO) بود. بدین منظور، تعداد ۲۴ بازیکن فوتبال دانشگاهی داوطلبانه در این مطالعه شرکت کردند. آنان به صورت تصادفی به دو گروه تمرین تناوبی (۱۲ نفر) و گروه تمرین تداومی (۱۲ نفر) تقسیم شدند. هر جلسهٔ تمرینی شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن، برنامهٔ تمرین تناوبی (۱۰-۶ تکرار دویدن ۳۰ ثانیه‌ای با شدت تمام و استراحت ۴ دقیقه بین هر تکرار) یا برنامهٔ تمرین تداومی (۴۵ دقیقه دویدن با شدت ۷۰ درصد VO_{2max} هر آزمودنی) و ۵ دقیقه سرد کردن بود که ۳ جلسه در هفته و به مدت ۸ هفتهٔ متوالی اجرا شدند. به دنبال مداخلهٔ تمرینی VO_{2max} (۷/۶ درصد در مقابل ۸/۹ درصد)، VT (۴/۵ درصد در مقابل ۳/۹ درصد) و RCP (۴/۲ درصد در مقابل ۳/۸ درصد) افزایش، و زمان اجرای دو ۳۰۰۰ متر (۴/۴- درصد در مقابل ۴/۲- درصد) کاهش معنی‌داری به ترتیب در گروه تمرین تناوبی و گروه تمرین تداومی نشان دادند ($p \leq ۰/۰۵$). تغییرات این متغیرها بین دو گروه، تفاوت معنی‌داری با همدیگر نداشتند ($p > ۰/۰۵$). همچنین، افزایش PPO (۸/۳ درصد) و MPO (۱۰/۹ درصد) تنها در گروه تمرین تناوبی معنی‌دار شد ($p \leq ۰/۰۰۱$). به نظر می‌رسد برنامهٔ تناوبی شدید با روش تمرینی حاضر در مقایسه با تمرین تداومی متوسط، باعث سازگاری‌های مشابهی در آمادگی قلبی- تنفسی و اجرای استقامتی می‌شود. همچنین، برنامهٔ تناوبی شدید باعث افزایش همزمان در ظرفیت بی-هوازی می‌شود.

واژگان کلیدی: برنامهٔ تمرین تناوبی، برنامهٔ تمرین تداومی، شاخص‌های هوازی، شاخص‌های بی‌هوازی.

۱. دانشیار فیزیولوژی ورزش گروه تربیت بدنی دانشگاه محقق اردبیلی (نویسندهٔ مسئول)
Email: m_siahkohian@uma.ac.ir

۲. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی دانشگاه محقق اردبیلی

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

مربیان و متخصصین علم ورزش در تلاش برای یافتن راه‌هایی برای افزایش کارایی برنامه‌های تمرینی در یک بازه زمانی محدود بر اجرای ورزشکاران هستند. مخصوصاً در رشته‌های ورزشی مانند فوتبال که ظرفیت هوازی، تنها بخشی از برنامه تمرینی و مسابقه را شامل می‌شود (۱). همچنین، محدودیت زمانی در ارتباط مربی با ورزشکار دلیل دیگری بر این ادعا است.

درحالی‌که ورزشکاران از روش‌های مختلف تمرینی برای افزایش آمادگی هوازی و بی‌هوازی خود استفاده می‌کنند، تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که شکلی از تمرینات که با عنوان تمرینات تناوبی شدید[1] شناخته می‌شوند، باعث بهبود سریع و همزمان این متغیرها در مقایسه با تمرینات تداومی با شدت متوسط[2] می‌شوند (۲،۳،۴). در همین راستا، بورگومستر و همکاران[3] (۲۰۰۵) آثار ۶ جلسه برنامهٔ تمرینی تناوبی شدید (۷- ۴ تکرار ۳۰ ثانیه‌ای رکاب زدن روی دوچرخه کارسنج با شدت تمام و با فاصلهٔ استراحت ۴ دقیقه بین هر تکرار) بر شاخص‌های هوازی و بی‌هوازی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان حاکی از افزایش توان بی‌هوازی، پتانسیل اکسیداتیو عضله و ظرفیت اجرای استقامتی بدون تغییر معنی‌دار در حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2max}) بود که به دنبال اجرای تقریباً ۱۵ دقیقه از تمرینات تناوبی شدید در طول ۲ هفته حاصل شد (۵). در تحقیق دیگری، تاباتا و همکاران[4] (۱۹۹۶) آثار ۶ هفته تمرینات تناوبی شدید (۸- ۷ تکرار دویدن ۲۰ ثانیه‌ای با شدت ۱۷۰ درصد VO_{2max} و با فاصلهٔ استراحت ۱۰ ثانیه‌ای بین هر تکرار و ۵ جلسه در هفته) و تمرینات تداومی متوسط (۶۰ دقیقه دوچرخه-سواری با شدت ۷۰ درصد VO_{2max} و ۵ جلسه در هفته) بر ظرفیت بی‌هوازی و VO_{2max} را مطالعه کردند. نتایج نشان داد گروه تمرین تناوبی، افزایش ۱۴ و ۲۸ درصدی را به ترتیب در VO_{2max} و ظرفیت بی‌هوازی تجربه کردند. درحالی‌که، گروه تمرین تداومی تنها افزایش ۱۰ درصدی در VO_{2max} را بدون تغییر معنی‌دار در ظرفیت بی‌هوازی نشان دادند (۴). نکتهٔ مهمی که باید مورد توجه قرار بگیرد، کل زمان تمرین تناوبی مورد نیاز، برای ایجاد تغییرات مشابه در مقایسه با تمرین‌های تداومی است. این نتایج می‌تواند در رشته‌های ورزشی که ممکن است زمان یک عامل تعیین‌کننده در انتخاب روش تمرینی باشد، یک یافتهٔ مهم در نظر گرفته شود. همچنین، در تحقیق جالبی در همین زمینه یک مطالعه اخیراً گزارش کرده است که پیشرفت

1. High-intensity interval training
2. Moderate- intensity continuous training
3. Burgomaster et al.
4. Tabata et al.

Archive of SID

www.SID.ir

در VO_{2max} و زمان واماندگی حاصل از تمرینات تناوبی شدید، به طور معنی‌داری بیشتر از پیشرفت‌هایی است که به دنبال تمرینات تداومی متوسط حاصل می‌شود (۶).

به نظر می‌رسد برنامه‌های تمرینی موثر، مانند تمرینات تناوبی شدید، علاوه بر این که می‌تواند با صرفه جویی در زمان، قابلیت‌های فیزیولوژیکی مانند ظرفیت‌های هوازی و بی‌هوازی را افزایش دهند، باعث می‌شود تا زمان کافی برای بهبود مهارت‌های ضروری دیگر مانند مهارت-های تکنیکی و تاکتیکی مرتبط با رشته‌های ورزشی مختلف فراهم شود. با این حال، برخی تحقیقات در افزایش ظرفیت هوازی به دنبال تمرینات تناوبی شدید ناکام مانده‌اند. برای مثال، بیکام و همکاران[1] (۲۰۰۴) با وجود اجرای برنامهٔ تمرین تناوبی شدید در طول ۶ هفته (۳۰-۱۴ تکرار از دوهای ۱۵-۵ ثانیه‌ای با شدت ۱۰۰-۹۰ درصد و نسبت کار به استراحت ۵:۱ که به ۳:۱ کاهش می‌یافت) نتوانستند تغییر معنی‌داری در VO_{2max}، آستانهٔ تهویه‌ای (VT) و همچنین اقتصاد دویدن نشان دهند (۷). این یافته‌های متناقض احتمالاً به روش‌های تمرینی (شدت، مدت، تکرار) مورد استفاده در این تحقیقات مربوط است.

علاوه بر کاربرد برنامهٔ تمرین تناوبی شدید در طول فصل مسابقات، استفاده از این روش تمرینی در خارج از فصل مسابقات نیز برای جلوگیری از آثار مخرب بی‌تمرینی و یا حتی بهبود قابلیت‌های فیزیولوژیکی، به دلیل کمتر بودن زمان مورد نیاز تمرین، بسیار مورد علاقه است. به دلیل جذابیت استفاده از تمرینات با کیفیت بالا و با حجم کمتر، یافتن برنامهٔ تمرینی با شدت، مدت و تکرار مناسب در این زمینه که بتواند پیشرفت‌های سریع را در ظرفیت‌های هوازی و بی‌هوازی، همزمان و در مدت زمان کمتری حاصل کند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در واقع در این مطالعه به دنبال این هستیم که آیا می‌توان با افزایش شدت تمرین، کاهش بسیار بیشتری را در مدت تمرین اعمال کرد، به طوری که سازگاری‌های مشابهی حاصل شود؟ همچنین، ارائهٔ روش تمرینی موثر برای دستیابی به این سازگاری‌ها از دیگر اهداف مطالعهٔ حاضر به شمار می‌رود. در همین راستا، تحقیق حاضر به بررسی و مقایسه آثار تمرینات تناوبی شدید و تمرینات تداومی متوسط بر شاخص‌های هوازی و بی‌هوازی می‌پردازد.

روش شناسی

آزمودنی‌ها

تعداد ۲۴ پسر ورزشکار از بازیکنان فوتبال دانشگاهی، با فعالیت بدنی مشابه و سه جلسه تمرین فوتبال در هفته، داوطلب شرکت در این مطالعه شدند. آزمودنی‌ها به طور تصادفی به دو گروه ۱۲

1. Bickham et al.

Archive of SID

www.SID.ir

نفره شامل برنامهٔ تمرین تناوبی (سن ۱ ± ۱۹/۴ سال، قد ۶ ± ۱۷۳ سانتی‌متر، وزن ۶ ± ۶۶/۵ کیلوگرم) و گروه برنامهٔ تمرین تداومی (سن ۱ ± ۱۹/۳ سال، قد ۶ ± ۱۷۹ سانتی‌متر، وزن ۵ ± ۶۸ کیلوگرم) تقسیم شدند. آزمودنی‌ها بعد از آگاهی کامل از روش اجرای تحقیق و پر کردن رضایتنامهٔ مربوطه، وارد مطالعه شدند. آزمودنی از انجام دیگر فعالیت‌های ورزشی منع شدند. از داوطلبان مطالعه خواسته شد تا برنامهٔ غذایی خود را از ۲ روز مانده به شروع جلسات پیش‌آزمون یادداشت کنند و همان برنامهٔ غذایی را قبل از جلسات پس‌آزمون تکرار کنند. همچنین، آنان یادآوری شد تا از مصرف مواد غذایی حاوی کافئین و انجام فعالیت جسمانی شدید از ۲۴ ساعت قبل از جلسات آزمون خودداری کنند(۸).

روش کار

آزمون‌های ورزشی در جلسات جداگانه با فاصله حداقل ۴۸ ساعت از یکدیگر اجرا شد. جلسهٔ اول شامل اجرای آزمون آمادگی هوازی بود. در جلسهٔ دوم، آزمون دو ۳۰۰۰ متر برگزار شد. آزمون توان بی‌هوازی نیز در جلسهٔ سوم اجرا شد. سپس، آزمودنی‌ها در برنامهٔ تمرین تناوبی شدید یا تمرین تداومی متوسط شرکت کردند. جلسات پس‌آزمون با فاصلهٔ زمانی ۳ روز بعد از آخرین جلسهٔ تمرینی و در روش یکسان، مشابه با جلسات پیش‌آزمون انجام شد. برای دوری از آثار زمان آزمون در روز به دلیل تعداد زیاد آزمودنی، تمرینات گروه تناوبی یک روز دیرتر از گروه تمرین تداومی آغاز شده و پایان پذیرفت (گروه تمرین تداومی در روزهای زوج و گروه تمرین تناوبی در روزهای فرد هفته تمرین می‌کردند). به طوری که، پیش‌آزمون و پس‌آزمون-های گروه تداومی یک روز زودتر از گروه دیگر انجام می‌شد. این مطالعه به دنبال پایان فصل مسابقات انجام شد و اولین جلسه پیش‌آزمون با فاصله یک هفته از پایان فصل شروع شد.

روش سنجش متغیرهای قلبی – تنفسی

برای تعیین ضربان قلب بیشینه (HR_{max})، VO_{2max}، VT و نقطهٔ جبران تنفسی (RCP)[1]، از دستگاه گاز آنالیزر (مدل Ganshorn Medizin Electronic GmbH PowerCube-Ergo، ساخت کشور آلمان) و آزمون بروس روی نوارگردان استفاده شد. مقادیر تهویه (VE)، اکسیژن مصرفی (VO_2) و دی‌اکسیدکربن خروجی (VCO_2) به طور خودکار و به صورت میانگین در فواصل ۱۰ ثانیه، در سراسر مدت اجرای آزمون توسط آنالیزر اندازه‌گیری و ثبت شد. بالاترین میانگین اکسیژن مصرفی به عنوان VO_{2max} هر آزمودنی ثبت شد. VT به کمک نرم افزار رایانه‌ای و با استفاده از روش افزایش معادل تهویه‌ای اکسیژن (VE/VO_2) بدون افزایش متناسب در معادل

۱. در برخی منابع با عنوان آستانهٔ تهویهٔ دوم شناخته می‌شود (۲۶).

Archive of SID

www.SID.ir

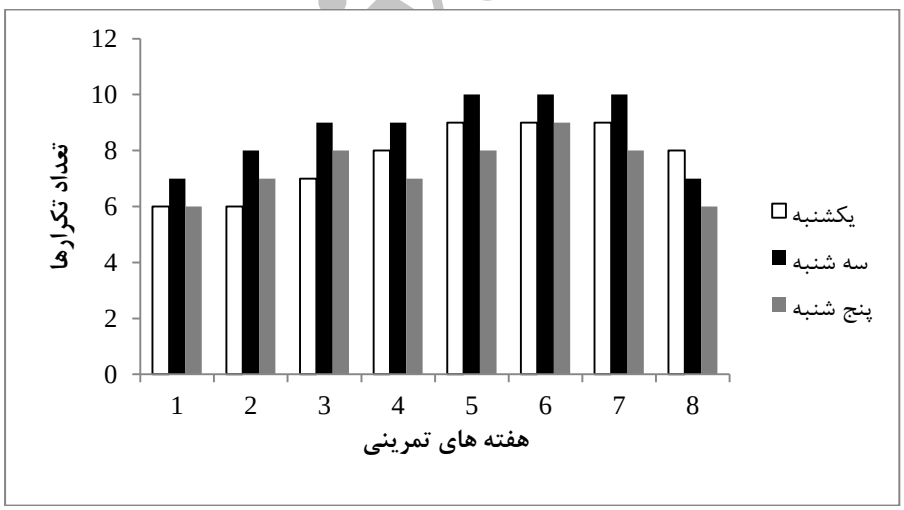
تهویه‌ای دی‌اکسیدکربن (VE/VCO_2)، تعیین شد. RCP به عنوان نقطه‌ای که افزایش سریع در VE/VCO_2 و کاهش فشار سهمی CO_2 رخ می‌دهد، تعیین گردید (۹).

روش سنجش متغیرهای عملکردی

آزمون دو ۳۰۰۰ متر در پیست دو و میدانی رو باز انجام شد. آزمودنی‌ها بعد از گرم کردن مناسب، مسافت ۳۰۰۰ متر را به صورت رقابتی دویدند و زمان اجرای هر آزمودنی اندازه‌گیری شد. برای تعیین توان بی‌هوازی از آزمون بی‌هوازی وینگیت استفاده شد (۱۰،۱۱). اوج توان تولیدی (PPO) به عنوان بالاترین مقدار کار انجام شده در یک دوره ۵ ثانیه‌ای و میانگین توان تولیدی (MPO)، به عنوان میانگین کار انجام شده در دوره ۳۰ ثانیه آزمون تعریف شد (۱۲).

برنامهٔ تمرینی

داوطلبان یک هفته بعد از اتمام پیش‌آزمون‌ها، در ۸ هفتهٔ متوالی از برنامهٔ تمرین تناوبی شدید یا تداومی متوسط شرکت کردند. برنامهٔ تمرینی گروه تناوبی شامل ۱۰- ۶ تکرار دویدن ۳۰ ثانیه‌ای با شدت تمام و با فاصلهٔ استراحت ۴ دقیقه بین هر تکرار بود که سه جلسه در هفته برگزار می‌شد (شکل شمارهٔ ۱). برنامهٔ تمرینی گروه تداومی نیز شامل ۴۵ دقیقه دویدن با شدت ۷۰ درصد VO_{2max} هر آزمودنی بود که سه جلسه در هفته برگزار می‌شد. شدت تمرین به وسیلهٔ دستگاه ضربان سنج در طول اجرای برنامهٔ تمرینی کنترل شد.



شکل ۱. برنامهٔ تمرین تناوبی شدید (HIT)

www.SID.ir

روش‌های آماری

برای مقایسه میانگین‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر گروه آزمون t وابسته بکار رفت. آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری‌های مکرر ۲×۲ (زمان × گروه) برای بررسی تغییرات بین گروهی متغیرهای وابسته بکار گرفته شد. هنگامی که اثر متقابل معنی‌دار می‌شد، آزمون t مستقل بکار می‌رفت. برای محاسبه اندازه اثر (ES) از روش Cohen's *d* استفاده شد. آستانهٔ تعیین اثرات کوچک، متوسط و بزرگ به ترتیب ۰/۲، ۰/۵ و ۰/۸ بود (۱۳). در تمام محاسبات حدود اطمینان ۹۵٪ در نظر گرفته شد.

نتایج

میانگین زمان اجرای برنامهٔ تمرین تناوبی شدید ۹۲/۱ دقیقه از ۹۵/۵ دقیقه ممکن (۹۶/۴ درصد) و میانگین زمان اجرای برنامهٔ تمرین تداومی متوسط، ۱۰۳۲ دقیقه از ۱۰۸۰ دقیقه ممکن (۹۵/۵ درصد) در طول مطالعه بود. قبل از شروع تمرینات، تفاوت معنی‌داری بین متغیرهای اندازه‌گیری شده در دو گروه تمرین تناوبی و تمرین تداومی مشاهده نشد ($p > ۰/۰۵$).

نتایج حاکی از افزایش معنی‌دار VO_{2max} در گروه تمرین تناوبی ($p = ۰/۰۰۱$؛ $ES = ۰/۹۳$) و گروه تمرین تداومی ($p = ۰/۰۰۱$؛ $ES = ۰/۹۵$) بود. همچنین، VT و RCP که مقادیر آن‌ها به صورت نسبی (درصدی از VO_{2max}) ارائه شده است، در هر دو گروه تمرین تناوبی (به ترتیب، $ES = ۰/۶۹$؛ $p = ۰/۰۱۴$ و $ES = ۰/۸۸$؛ $p = ۰/۰۱۵$) و گروه تمرین تداومی (به ترتیب، $ES = ۰/۶۲$؛ $p = ۰/۰۳۲$ و $ES = ۰/۵۹$؛ $p = ۰/۰۰۵$) افزایش معنی‌داری نشان داد. بین افزایش VO_{2max}، VT و RCP در دو گروه تمرینی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($p > ۰/۰۵$) (جدول شمارهٔ ۱). بین سطوح VO_{2max}، VT و RCP در پیش‌آزمون و درصد افزایش آن در هر دو گروه تمرین تناوبی (به ترتیب، $r = -۰/۹۱$؛ $r = -۰/۴۸$ و $r = -۰/۵۰$) و گروه تمرین تداومی (به ترتیب، $r = -۰/۸۶$؛ $r = -۰/۷۳$ و $r = -۰/۶۵$) همبستگی منفی معنی‌داری وجود داشت ($p \leq ۰/۰۵$).

جدول ۱. حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2max})، آستانهٔ تهویه ای (VT) و نقطهٔ جبران تنفسی (RCP) در پیش آزمون و به دنبال مداخلهٔ تمرینی در دو گروه

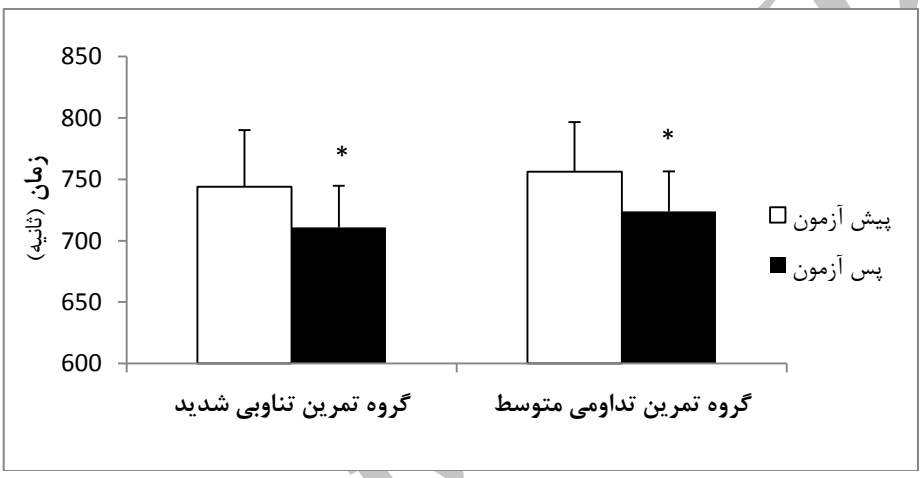
متغیر	گروه تمرین تناوبی شدید		گروه تمرین تداومی متوسط	
	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون
VO_{2max} (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه)	۵۳/۵ ± ۴/۶	۵۷/۴ ± ۳/۹ *	۵۴/۵ ± ۵/۴	۵۹/۲ ± ۴/۵ *
VT (VO_{2max} درصد)	۶۳/۹ ± ۴/۲	۶۶/۷ ± ۳/۹ *	۶۴/۲ ± ۳/۴	۶۶/۵ ± ۳ *
RCP (VO_{2max} درصد)	۷۸ ± ۳/۵	۸۱/۳ ± ۳/۸ *	۷۷/۸ ± ۵/۳	۸۰/۶ ± ۴/۳ *

* ($p \leq ۰/۰۵$) در مقایسه با پیش آزمون در همان گروه

Archive of SID

www.SID.ir

به دنبال مداخله تمرینی، زمان اجرای دو ۳۰۰۰ متر در گروه تمرین تناوبی (ES = ۰/۸۲ ؛p = ۰/۰۰۱) و گروه تمرین تداومی (ES = ۰/۸۷ ؛p = ۰/۰۰۱) کاهش معنی‌داری نشان داد. بین پیشرفت زمان اجرای دو ۳۰۰۰ متر در دو گروه تمرینی، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (p > ۰/۰۵) (شکل شمارهٔ ۲). بین زمان اجرای دو ۳۰۰۰ متر در پیش‌آزمون و درصد پیشرفت آن در هر دو گروه تمرین تناوبی (r= -۰/۹۱) و گروه تمرین تداومی (r= -۰/۸۵) همبستگی منفی معنی‌داری وجود داشت (p = ۰/۰۱).



شکل ۲. زمان اجرای دو ۳۰۰۰ متر در پیش آزمون و به دنبال مداخلهٔ تمرینی در دو گروه

* (p ≤ ۰/۰۰۱) در مقایسه با پیش آزمون در همان گروه

تمرینات تناوبی شدید، باعث افزایش معنی‌دار PPO (ES = ۱/۲ ؛p = ۰/۰۰۱) و MPO (۱/۱ = ES ؛p = ۰/۰۰۱) شدند. گروه تمرین تداومی، افزایش اندکی در این متغیرها تجربه کردند که از لحاظ آماری معنی‌داری نبود (p > ۰/۰۵). با این که بین سطوح PPO و MPO در پیش‌آزمون تفاوت معنی‌داری در دو گروه وجود نداشت (p > ۰/۰۵)، اما نتایج پس‌آزمون نشان داد PPO (۱ = ES ؛p = ۰/۰۱۸) و MPO (ES = ۰/۸۵ ؛p = ۰/۰۴۸) به طور معنی‌داری در گروه تمرین تناوبی بیشتر از گروه تمرین تداومی است (جدول شمارهٔ ۲). بین PPO و MPO در پیش‌آزمون و درصد افزایش آن‌ها در گروه تمرین تناوبی (به ترتیب، r = -۰/۹۲ و r= -۰/۸۹) همبستگی منفی معنی‌داری وجود داشت (p = ۰/۰۱).

www.SID.ir

جدول ۲. اوج توان تولیدی (PPO) و میانگین توان تولیدی (MPO) در پیش آزمون و به دنبال مداخلهٔ تمرینی در دو گروه

متغیر	گروه تمرین تناوبی شدید		گروه تمرین تداومی متوسط	
	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون
PPO (وات/کیلوگرم)	۱۱/۴ ± ۰/۹	۱۲/۳ ± ۰/۵ *†	۱۱/۲ ± ۱/۱	۱۱/۵ ± ۰/۹
MPO (وات/کیلوگرم)	۷/۲ ± ۰/۷	۸ ± ۰/۶ *†	۷/۳ ± ۰/۸	۷/۵ ± ۰/۵

* ($p \leq ۰/۰۰۱$) در مقایسه با پیش آزمون در همان گروه

† ($p \leq ۰/۰۵$) افزایش بالاتر در مقایسه با گروه تمرین تداومی

قبل از تمرینات، بین زمان اجرای دو ۳۰۰۰ متر با VO_{2max} (r= −۰/۷۷؛ p = ۰/۰۰۱) و RCP (r= −۰/۴۱؛ p = ۰/۰۲۲) همبستگی منفی معنی‌داری وجود داشت. به دنبال برنامه‌های تمرینی، تنها همبستگی منفی معنی‌داری بین زمان اجرای دو ۳۰۰۰ متر با VO_{2max} (r= −۰/۷۲) مشاهده شد (p = ۰/۰۰۱). همچنین، درصد تغییرات زمان اجرای دو ۳۰۰۰ متر همبستگی منفی معنی‌داری با درصد تغییرات VO_{2max} داشت (r= −۰/۶۳؛ p = ۰/۰۱).

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه، آثار تمرینات تناوبی شدید و تمرینات تداومی متوسط بر شاخص‌های هوازی و بی‌هوازی در بازیکنان فوتبال دانشگاهی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. همان طور که دیده شد، هر دو گروه تمرین تناوبی و تمرین تداومی افزایش مشابهی را در شاخص‌های VO_{2max}، VT و RCP و همچنین، کاهش زمان اجرای دو ۳۰۰۰ متر تجربه کردند. از دیگر یافته‌های مهم این مطالعه، افزایش PPO و MPO است که تنها در گروه تمرین تناوبی مشاهده شد. درحالی‌که، گروه تمرین تداومی تغییر معنی‌داری در این متغیرها نشان ندادند.

به طور کلی، از VO_{2max} به عنوان بهترین شاخص اندازه‌گیری استقامت دستگاه قلبی- تنفسی و آمادگی هوازی یاد می‌شود (۱۴). درحالی‌که، استفاده از تمرینات تداومی برای افزایش در VO_{2max} رایج است و تقریباً همهٔ ورزشکاران در اغلب رشته‌های ورزشی از آن استفاده می‌کنند، نتایج مطالعات اخیر نشان می‌دهد تمرینات تناوبی شدید نیز آثار مشابه با آن در افزایش توان هوازی دارد (۴،۶،۱۵،۱۶). افزایش VO_{2max} به دنبال برنامهٔ تمرین تناوبی شدید در محدوده‌ای بین ۵ تا ۱۴ درصد گزارش شده است (۴،۶،۱۵،۱۶). نتایج مطالعهٔ حاضر نیز حاکی از افزایش مشابه VO_{2max} در هر دو گروه تمرین تناوبی شدید (۷/۶ درصد) و تمرین تداومی متوسط (۸/۹

Archive of SID

www.SID.ir

درصد) است. یکی از دلایلی که می‌تواند پیشرفت نسبتاً متوسط VO_{2max} را در مقایسه با مطالعات قبلی توضیح دهد، این است که این مطالعه به دنبال پایان فصل مسابقات در بازیکنان فوتبال انجام شد و احتمالاً آزمودنی‌ها به علت شرکت در تمرینات فوتبال که حداقل ۳ ماه قبل از مسابقات برگزار شده بود، از آمادگی بالایی برخوردار بودند. البته، نتایج این مطالعه در افزایش VO_{2max} به دنبال تمرین تناوبی شدید، با برخی از پژوهش‌های پیشین همسو نیست. برای مثال، بورگومستر و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای مشابه با شرایط تمرینی تحقیق حاضر در ظرف دو هفته، اشاره کرده‌اند که با وجود افزایش پتانسیل اکسیداتیو عضله، تغییر معنی‌دار در VO_{2max} مشاهده نمی‌شود (۵). دلیل این اختلاف در نتایج را می‌توان به مدت مداخلهٔ تمرینی نسبت داد. در اکثر تحقیقات پیشین، برنامهٔ تمرین تناوبی شدید با مدتی بیش از ۲ هفته توانسته است تغییرات مناسب را ایجاد کند. در تحقیق دیگری، بیکام و همکاران (۲۰۰۴) با وجود اجرای برنامهٔ تمرین تناوبی شدید در طول ۶ هفته (۳۰-۱۴ تکرار از دوهای ۱۵-۵ ثانیه ای با شدت ۱۰۰-۹۰ درصد و نسبت کار به استراحت ۵:۱ که به ۳:۱ کاهش می یافت)، نتوانستند تغییر معنی‌داری در VO_{2max} نشان دهند (۷). یکی از دلایل احتمالی این اختلاف را می‌توان در زمان هر کوشش برنامهٔ تمرین تناوبی جستجو کرد. درحالی‌که در تحقیق ذکر شده، زمان هر کوشش بین ۱۵-۵ ثانیه بود (۷)، بیشتر تحقیقاتی که به افزایش معنی‌داری در VO_{2max} دست یافته‌اند، از کوشش‌هایی با مدت بیش از ۱۵ ثانیه استفاده کرده‌اند. دلیل دیگر این اختلاف می‌تواند به سطح اولیهٔ VO_{2max} آزمودنی‌ها در پیش‌آزمون مربوط باشد. همان طور که نتایج مطالعهٔ حاضر نشان داد، بین سطوح VO_{2max} در پیش‌آزمون و درصد افزایش آن در هر دو گروه تمرینی، همبستگی منفی معنی‌داری وجود دارد. این یافته‌ها توسط مطالعات پیشین تأیید می‌شود (۱۷). گزارش شده است سهم دستگاه هوازی برای تولید انرژی در طول تمرین تناوبی شدید، به نوع (فعال و غیر فعال) (۱۸) و مدت بازگشت به حالت اولیه بین هر تکرار (۱۹) بستگی دارد. دوره‌های بازگشت به حالت اولیه غیرفعال نسبتاً کوتاه بین هر تکرار برنامهٔ تمرین تناوبی که در این مطالعه استفاده شده است، می‌تواند به طور پیشرونده‌ای نیاز به تأمین انرژی از طریق دستگاه هوازی را افزایش دهد. افزایش تحویل اکسیژن (برای مثال افزایش حجم ضربه‌ای) و همچنین، افزایش استفاده از اکسیژن توسط عضلات فعال (برای مثال افزایش چگالی مویرگی/ میتوکندری) می‌توانند به عنوان سازوکارهای اصلی پیشرفت در ظرفیت هوازی در نظر گرفته شوند (۱۵). از آنجایی که HR_{max} در پاسخ به تمرینات ورزشی بدون تغییر باقی می‌ماند، افزایش تحویل اکسیژن به عضلات فعال در طول اجرای ورزشی را می‌توان به افزایش در حجم ضربه‌ای نسبت داد (۱۵). مطالعات پیشین گزارش کرده‌اند که تمرین تناوبی شدید،

Archive of SID

www.SID.ir

باعث پیشرفت بیشتر در توانایی پمپ کردن خون توسط قلب نسبت به تمرین تداومی متوسط می‌شود (۲۰). این یافته احتمالاً می‌تواند دلیل افزایش بیشتر در VO_{2max} به دنبال تمرین تناوبی شدید در مقایسه با تمرین تداومی متوسط که در برخی مطالعات مشاهده شده است (۱،۶) را توضیح دهد. همچنین، سرعت فسفریلاسیون هوازی[1] به دنبال تمرینات، صرف نظر از نوع تمرین (تناوبی یا تداومی)، افزایش می‌یابد (۲۱). این سازگاری ممکن است در نتیجهٔ افزایش تعداد و فعالیت آنزیم‌های اکسایشی عضله حاصل شود (۲،۳،۵،۲۱)، که می‌تواند به عنوان یکی از سازوکارهای احتمالی برای افزایش در VO_{2max} در نظر گرفته شود. نکتهٔ جالب این است که بیشتر مطالعاتی که به بررسی آثار برنامهٔ تمرین تناوبی شدید و تمرین تداومی متوسط بر عوامل فیزیولوژیکی موثر در ظرفیت هوازی پرداخته‌اند، با وجود حجم کمتر برنامهٔ تمرین تناوبی، سازگاری‌های مشابهی را گزارش کرده‌اند (۲،۳).

نتایج مطالعهٔ حاضر نشان داد VT و RCP در هر دو گروه برنامهٔ تمرین تناوبی شدید (به ترتیب، ۴/۵ و ۴/۲ درصد) و تمرین تداومی متوسط (به ترتیب، ۳/۹ و ۳/۸ درصد) افزایش می‌یابد. این یافته‌ها با نتایج مطالعهٔ لارسن و همکاران[2] (۲۰۰۲) در مورد تأثیر تمرین تناوبی شدید بر VT و RCP همسو بوده و با مطالعهٔ بودانیس و همکاران[3] (۲۰۰۷) مغایرت دارد. شدت و مدت برنامهٔ تمرینی (۲۳) و همچنین حجم نمونه (۱۷) می‌توانند به عنوان دلایل احتمالی این اختلاف بررسی شوند. افزایش VT و RCP به افزایش ظرفیت اکسایشی عضلات فعال، توانایی به کارگیری تودهٔ عضلانی بیشتر، توانایی میزان استفاده از چربی برای تولید انرژی به جای کربوهیدرات و همچنین، بهبود آمادگی قلبی- عروقی بستگی دارد. با این‌که گروه تمرین تناوبی شدید افزایش بیشتری را در هر دو آستانه نسبت به گروه تمرین تداومی متوسط تجربه کردند، اما این اختلاف معنی‌دار نشد. اگر مدت مداخلهٔ تمرینی و یا حجم نمونهٔ انتخاب شده بیشتر بود، احتمالاً این تفاوت بهتر آشکار می‌شد.

در این مطالعه، زمان اجرای دو ۳۰۰۰ متر در گروه تمرین تناوبی (۴/۴- درصد) و گروه تمرین تداومی (۴/۲- درصد) کاهش یافت. این یافته‌ها با مطالعات پیشین همخوانی دارد (۵،۱۷،۲۱). افزایش در VO_{2max} و آستانهٔ لاکتات از دلایل اصلی پیشرفت در اجرای استقامتی به شمار می‌روند (۱۷). البته باید توجه داشت که مهم‌ترین عامل تأثیرگذار از میان متغیرهای اندازه‌گیری شده در این تحقیق بر اجرای دو ۳۰۰۰ متر، تغییرات VO_{2max} بوده است که وجود همبستگی

1. Oxidative phosphorylation
2. Laursen et al.
3. Bogdanis et al.

Archive of SID

www.SID.ir

منفی بالا بین کاهش زمان اجرای دو ۳۰۰۰ متر و افزایش در VO_{2max}، از این یافته حمایت می‌کند. با این‌حال، باید به این نکته توجه داشت که سهم سوخت و ساز هوازی و بی‌هوازی بر اجرای دو رقابتی ۳۰۰۰ متر به ترتیب، حدود ۸۶ و ۱۴ درصد گزارش شده است (۲۴). بنابراین، پیشرفت ظرفیت بی‌هوازی نیز می‌تواند به عنوان عاملی در پیشرفت اجرای دو ۳۰۰۰ متر در نظر گرفته شود (۱۷). از سوی دیگر، بورگومستر و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کرده‌اند ظرفیت اجرای استقامتی به دنبال اجرای برنامهٔ تمرینی تناوبی شدید بدون افزایش در VO_{2max}، پیشرفت چشمگیری را نشان می‌دهد (۵). این یافته بیان می‌دارد عوامل دیگری نیز در تنظیم اجرای استقامتی نقش دارند. برای مثال، تحقیقات اخیر نشان داده‌اند برنامهٔ تمرین تناوبی شدید همانند برنامهٔ تداومی متوسط، باعث افزایش در ظرفیت انتقال لاکتات و یون هیدروژن رها شده از عضلات فعال (۲۵)، ظرفیت پمپ سدیم/ پتاسیم (۲۶)، فعال‌سازی عصبی (۲۷) و همچنین، افزایش ذخایر گلیکوژن (۲،۵)، اکسیداسیون چربی کل بدن (۲)، انتقال گلوکز در عضلات فعال (۲۵) و پیشرفت در اقتصاد دویدن (۱۷) می‌شوند.

یکی دیگر از یافته‌های این مطالعه، افزایش ۸/۳ و ۱۰/۹ درصدی به ترتیب در PPO و MPO بود که تنها در گروه تمرین تناوبی شدید مشاهده شد. درحالی‌که، افزایش (~ ۳ درصد) این متغیرها در گروه تمرین تداومی معنی‌دار نشد. این یافته‌ها به وسیلهٔ مطالعات پیشین تأیید می‌شود (۴،۱۵،۲۲). با این‌که، بیشتر مطالعات در این زمینه، افزایش ظرفیت بی‌هوازی را به دنبال برنامهٔ تمرین تناوبی شدید نشان داده‌اند، اما مقدار این پاسخ‌ها متفاوت است (۴،۵،۱۵). به عنوان نمونه، تاباتا و همکاران (۱۹۹۶) افزایش ۲۸ درصدی در ظرفیت بی‌هوازی را به دنبال ۶ هفته برنامهٔ تمرین تناوبی شدید گزارش کرده‌اند (۴). یکی از دلایل این اختلاف در مقدار پاسخ‌ها، می‌تواند به علت تعداد جلسات در هفته باشد که در مطالعهٔ ذکر شده، ۵ جلسه در هفته بود. همچنین، تأثیر آمادگی بی‌هوازی قبل از تمرینات و اندازه پاسخ آن به برنامهٔ تمرینی که در این مطالعه مشاهده شد، ممکن است دلیل دیگری در اختلاف مشاهده شده باشد. بعضی از عوامل دیگر که ممکن است در افزایش ظرفیت بی‌هوازی نقش داشته باشند عبارتند از افزایش غلظت فسفوکراتین عضله (۲) و سرعت تولید مجدد آن در دورهٔ برگشت به حالت اولیه (۲)، فعالیت آنزیم‌های بی‌هوازی (۲۸)، فعال‌سازی واحدهای حرکتی (۲۷)، تغییر تارهای نوع I و نوع II_x به نوع II_a (۲۹) و افزایش ظرفیت بافری عضله (۳).

با توجه به نتایج تحقیق حاضر می‌توان گفت برنامهٔ تمرین تناوبی شدید با روش تمرینی حاضر در مقایسه با تمرین تداومی متوسط، باعث سازگاری‌های مشابهی در آمادگی قلبی- تنفسی و اجرای استقامتی افراد ورزشکار می‌شود. این یافته‌ها می‌تواند در طراحی برنامهٔ تمرینی به وسیلهٔ

Archive of SID

www.SID.ir

مربیان ورزشی، مخصوصاً مربیانی که با کمبود زمان برای در اختیار داشتن ورزشکاران (برای مثال در تیم‌های دانشگاهی) مواجه هستند، به کار گرفته شود. نکتهٔ جالب دیگری که از نتایج این مطالعه به دست آمده است، افزایش ظرفیت بی‌هوازی تنها به دنبال برنامهٔ تمرین تناوبی شدید است که می‌تواند اهمیت زیادی برای رشته‌های ورزشی که در آن‌ها همهٔ دستگاه‌های انرژی هوازی و بی‌هوازی درگیر می‌شوند، داشته باشد.

منابع:

1. Sperlich, B. Zinner, C. Helleman, I. Kjendlie, P-L. Holmberg, H.C. Master, J. (2010). High intensity interval training improves VO_{2peak}, maximal lactate production, time trial and competition performance in 9-11 year old swimmers. *European Journal of Applied Physiology* 110: 1029–1036.
2. Burgomaster, K.A. Howarth, K.R. Phillips, S.M. Rakobowchuk, M. MacDonald, M.J. McGee, S.L. and Gibala, M.J. (2008). Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *Journal of Physiology* 586: 151–160.
3. Gibala, M.J. Little, J.P. Essen, M.V. Wilkin, G.P. Burgomaster, K.A. Safdar, A. Raha, S. Tarnopolsky, M.A. (2006). Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *Journal of Physiology* 575: 901–911.
4. Tabata, I. Nishimura, K. Kouzaki, M. Hirai, Y. Ogita, F. Miyachi, M. Yamamoto, K. (1996). Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO_{2max}. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 28: 1327-1330.
5. Burgomaster, K.A. Hughes, S.C. Heigenhauser, G.J.F. Bradwell, S.N. Gibala, M.J. (2005). Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *Journal of Applied Physiology* 98: 1985–1990.
6. Helgerud, J. Hoydal, K. Wang, E. Karlsen, T. Berg, P. Bjerkaas, M. Simonsen, T. Helgesen, C. Hjorth, N. Bach, R. Hoff, J. (2007). Aerobic highintensity intervals improve VO2max more than moderate training. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 39: 665-71.
7. Bickham, D.C. and Le Rossignol, P.F. (2004). Effect of High-Intensity Interval Training on the accumulated oxygen deficit of endurance-trained runners. *Journal of Exercise Physiology* 7: 40-47.
8. Kimura, T. Inamizu, T. Sekikawa, K. Kakehashi, M. and Onari, K .(2009). Determinants of the daily rhythm of blood fluidity. *Journal of Circadian Rhythms* 7:7.
9. Wasserman, K. Hansen, J.E. Sue, D. Whipp, B.J. Casaburi, R. (2004). Principles

Archive of SID

www.SID.ir

of Exercise Testing and Interpretation. 4th edn. Lippincott Williams & Wilkins: Philadelphia 32–35.

10. Smith, J.C. Hill, D.W. (1991). Contribution of energy systems during a Wingate power test. *British Journal of Sports Medicine* 25: 196–199.
11. Almuzaini, K.S. (2000). Optimal peak and mean power on the Wingate Test: Relationship with sprint ability, vertical jump, and standing long jump in boys. *Ped Ex Science* 12: 349–359.
12. Nottle, C. Nosaka, K. (2007). Changes in power assessed by the Wingate Anaerobic Test following downhill running. *Journal of Strength and Conditioning Research* 21: 145–50.
13. Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates.
14. Carey, D.G. and Richardson, M.T. (2003). Can aerobic and anaerobic power be measured in a 60-second maximal test? *Journal of Sports Science and Medicine* 2: 151-157.
15. Bayati, M. Farzad, B. Gharakhanlou, R. and Agha-Alinejad, H. (2011). A practical model of low-volume high-intensity interval training induces performance and metabolic adaptations that resemble 'all-out' sprint interval training. *Journal of Sports Science and Medicine* 10: 571-576.
16. Macpherson, R.E. Hazell, T.J. Olver, T.D. Paterson, D.H. Lemon, P.W. (2011). Run sprint interval training improves aerobic performance but not max cardiac output. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 43: 115-22.
17. Esfarjani, F. Laursen, P.B. (2007). Manipulating high-intensity interval training: Effects on VO2 max, the lactate threshold and 3000m running performance in moderately trained males. *Journal of Science and Medicine in Sport* 10: 27-35.
18. Thevenet, D. Tardieu-Berger, M. Barthoin, S. and Prioux, J. (2007). Influence of recovery mode (passive vs. active) on time spent at maximal oxygen uptake during an intermittent session in young and endurance trained athletes. *European Journal of Applied Physiology* 99: 133-142.
19. Bogdanis, G.C. Nevill, M.E. Boobis, L.H. and Lakomy, H.K. (1996). Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *Journal of Applied Physiology* 80: 876-884.
20. Tjønna, A.E. Lee, S.J. Rognmo, Ø. Stølen, T.O. Bye, A. Haram, P.M. Loennechen, J.P. Al-Share, Q.Y. Skogvoll, E. Slørdahl, S.A. Kemi, O.J. Najjar, S.M. Wisløff, U. (2008). Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome. A pilot study. Circulation 118: 346–354.
21. 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. *Journal* of *Applied Physiology107*: 128–138.
22. Laursen, P.B. Blanchard, M.A. and Jenkins, D.G. (2002). Acute high-intensity interval training improves Tvent and peak power output in highly-trained males. *Canadian Journal of Applied Physiology* 27: 336–348.

Archive of SID

www.SID.ir

23. Bogdanis, G.C. Ziagos, V. Anastasiadis, M. Maridaki, M. (2007). Effects of two different short-term training programs on the physical and technical abilities of adolescent basketball players. *Journal of Science and Medicine in Sport* 10: 79–88.

24. Duffield, R. Dawson, B. Goodman, C. (2005). Energy system contribution to 1500- and 3000-metre track running. *J Sports Sci* 23: 993-1002.

25. Burgomaster, K.A. Cermak, N.M. Phillips, S.M. Benton, C.R. Bonen, A. Gibala, M.J. (2007). Divergent response of metabolite transport proteins in human skeletal muscle after sprint interval training and detraining. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physio*l 292: 1970-1976.

26. Iaia, F. Thomassen, M. Kolding, H. Gunnarsson, T. Wendell, J. Rostgaard, T. Nordsborg, N. Krustrup, P. Nybo, L. Hellsten, Y. Bangsbo, J. (2008). Reduced volume but increased training intensity elevates muscle Na+-K+ pump alpha1-subunit and NHE1 expression as well as short-term work capacity in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 294:R966–R974.

27. 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: 92-8.

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

29. Noakes, T. Lore of Running. (2001). Champaign, IL: Human Kinetics.

ارجاع دهی به روش APA

سیاهکوهیان معرفت، خدادادی داور،(۱۳۹۲)،تأثیر تمرینات تناوبی شدید و تمرینات تداومی متوسط بر شاخص های هوازی و بی هوازی در پسران ورزشکار،فیزیولوژی ورزشی، (۱۸):۵۲-۳۹.

ارجاع دهی به روش ونکوور

سیاهکوهیان معرفت، خدادادی داور.تأثیر تمرینات تناوبی شدید و تمرینات تداومی متوسط بر شاخص های هوازی و بی هوازی در پسران ورزشکار.فیزیولوژی ورزشی.۱۳۹۲; ۵(۱۸):۵۲-۳۹

Archive of SID

www.SID.ir