پژوهش در علوم ورزشی شماره ۲۶، بهار ۱۳۸۹، صص ۱۵۸-۱۴۵

تأثیر شدت گرم کردن بر پویایی اکسیژن مصرفی فعالیت زیربیشینه در زنان تیم ملی فوتسال

نجمه رضایی‌نژاد[۱]، دکتر پروانه نظرعلی[۲]، دکتر حمید رجبی[۳]

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی دانشگاه الزهراء (س)
۲. استادیار دانشگاه الزهراء (س)
۳. استادیار دانشگاه تربیت معلم تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۸۸/۴/۲۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۸/۱۲/۲۲

چکیده

هدف از انجام این پژوهش، مطالعهٔ اثر شدت گرم کردن بر پویایی اکسیژن مصرفی(با مدل ثابت زمانی۳،۲،۱و۴) فعالیت زیربیشینه در زنان تیم ملی فوتسال بوده است. بازیکنان تیم ملی فوتسال با میانگین سنی۳/۲±۲۲/۵سال و VO2max ۴/۶۱± ۴۶/۰۵ میلی‌لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه در این پژوهش شرکت کردند. پس از اندازه‌گیری VO2max و آستانهٔ لاکتات(LT) آزمودنی‌ها به صورت تصادفی در سه جلسهٔ جداگانه، دو پروتکل گرم کردن(شدید، متوسط) و بدون گرم کردن را قبل از فعالیت زیربیشینه(دویدن با۸۰درصد اکسیژن مصرفی آستانهٔ لاکتات) انجام دادند. تمام گازهای تنفسی در طی فعالیت توسط دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی جمع‌آوری شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آنالیز واریانس یکطرفه با اندازه‌گیری مکرر و آزمونLSD استفاده شد. یافته‌های پژوهش کاهش معنی‌داری را در ثابت زمانی ۳ و۴ پس از گرم کردن شدید و متوسط نسبت به بدون گرم کردن نشان دادند(P<۰/۰۵). همچنین نسبت اکسیژن مصرفی به زمان رسیدن در ثابت زمانی ۲،۳ و۴ پس از گرم کردن شدید و متوسط نسبت به بدون گرم کردن، افزایش معنی‌داری را نشان داد(P<۰/۰۵)، اما تفاوتی بین دو گروه گرم کردن در هیچ‌کدام از متغیرها مشاهده نشد. بنابراین می توان گفت، گرم کردن بدون توجه به شدت آن، سبب کاهش زمان رسیدن به حالت یکنواخت اکسیژن مصرفی در یک فعالیت زیر بیشینه می‌شود و شیب نمودار پویایی اکسیژن را تندتر می‌کند و در نتیجه در زمان کمتر، اکسیژن بیشتری مصرف می شود.

کلیدواژه‌های فارسی: پویایی اکسیژن مصرفی، شدت گرم کردن، فعالیت زیربیشینه.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

حجم اکسیژن مصرفی به عنوان شاخص غیرمستقیم تنفس سلولی، هزینهٔ انرژی و اقتصاد حرکتی(۱)، و متغیرهای وابسته به آن در فیزیولوژی ورزشی و تمرین باعث شده است تا بسیاری از پژوهشگران به مطالعهٔ عوامل مؤثر بر کمیت (حجم اکسیژن) و کیفیت (تغییرات حجم در واحد زمان) آن بپردازند. در این مجموعه، اهمیت کینتیک یا پویایی اکسیژن مصرفی[1] (الگوی افزایش ناگهانی اکسیژن مصرفی در شروع فعالیت تا رسیدن به مرحلهٔ یکنواخت)(۱)، نسبت به دیگر پارامترهای آمادگی هوازی(VO2max و آستانهٔ لاکتات) در بیان تفاوت های اجراهای ورزشی، به ویژه در تعویق خستگی عضلانی در سال های اخیر مورد توجه بیشتری قرار گرفته است(۲)، زیرا دستیابی سریع به اکسیژن مصرفی مورد نیاز برای مسابقه، بهویژه در ورزشکاران استقامتی ، نه تنها موجب کاهش تجمع متابولیت ها (کاهش حجم کسراکسیژن) می‌شود، بلکه به دلیل محدود بودن انرژی بی هوازی برای استفادهٔ بعدی در مسابقه (در انتهای یک مسابقهٔ دوی سرعت) بهعنوان یک عامل مهم محسوب می‌گردد(۴،۳).

هر چند عوامل متعدد طبیعی و غیرقابل دستکاری از جمله سن(۵)، نوع تار عضلانی(۷،۶)، بیماری(۳) و غیره بر پویایی اکسیژن مصرفی مؤثرند(۳)، اما این متغیر فیزیولوژیکی بر اثر تمرینات ورزشی نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد که میزان تأثیر، به نوع تمرین(۲)، شدت تمرین(۸)، مدت تمرین (۹)، طول دورهٔ تمرین و سطح اولیهٔ آزمودنی‌ها(۴) بستگی دارد. همچنین با توجه به عوامل تمرینی به نظر می‌رسد که گرم کردن در افزایش بالقوهٔ اجرای فعالیت ورزشی از طریق تغییر پاسخ پویایی اکسیژن مصرفی به تمرین، یک عامل مداخله‌گر باشد(۲)، زیرا برمبنای یافته‌های گذشته، انجام گرم کردن قبل از شروع فعالیت اصلی باعث افزایش سرعت سوخت و ساز عضلانی و منجر به تولید حرارت، دی‌اکسیدکربن و یون هیدروژن بیشتر می‌شود.

بر اساس اثر بور[2]، تمام این مواد باعث افزایش تخلیهٔ اکسیژن در عضلات می‌شوند(۱۰) و از این طریق بهبود پویایی اکسیژن مصرفی را به‌دنبال خواهد داشت(۱۱). به هر حال، همانند اثر شدت تمرین بر پویایی اکسیژن مصرفی، به نظر می‌رسد حدّی از شدت فعالیت که در گرم کردن استفاده می‌شود نیز می‌تواند بر پاسخ پویایی اکسیژن مصرفی مؤثر باشد. در حقیقت، به نظر می‌رسد اگر سوخت و ساز عضلانی در فعالیت مقدماتی (گرم کردن) کمتر از حدّی باشد

---

1. VO2 Kinetic
2. Bohr Effect

که بتواند دما و PH عضلانی را تغییر دهد، پویایی اکسیژن مصرفی نیز تحت تأثیر قرار نخواهد گرفت. در تأیید این موضوع اشاره شده است که اگر سطح لاکتات خون در هنگام گرم کردن نسبت به سطح استراحت در حدود ۱ میلی مول در لیتر تغییر نیابد، نمی تواند افزایش معنی‌داری در پویایی اکسیژن یا اجرای ورزشی ایجاد کند. در مقابل، شدت تمرینات گرم کردن که غلظت لاکتات خون را تقریباً ۲ تا ۴ میلی مول در لیتر افزایش دهد، باعث ایجاد تغییرات معنی‌داری در پویایی اکسیژن مصرفی و افزایش اجرای ورزشی می شود(۳). در توجیه این سازوکار، به تجمع تعداد محصولات فرعی تمرینات شدید از جمله، اسید لاکتیک(به دلیل کسر اکسیژن) و افزایش جریان خون عضله اشاره شده است که موجب افزایش دسترسی آسان عضلات به اکسیژن و تحریک تنفس میتوکندریایی می‌شود(۱۲). بنابراین، تمرین مقدماتی نسبتاً شدید که به‌طور معنی‌داری باعث افزایش جزئی لاکتات خون (تقریباً ۲ تا ۴ میلی مول در لیتر) شود، قبل از تمرین اصلی، برای افزایش پویایی اکسیژن مصرفی، لازم به‌نظر می‌رسد(۱۳،۲). البته باید توجه داشت که تمرینات گرم کردن بسیار شدید، که زمان بازیافت کافی نداشته باشند و سطح لاکتات خون قبل مسابقه را به ۶ میلی‌مول در لیتر برسانند، علی‌رغم دارا بودن اثرات مثبت روی پویایی اکسیژن مصرفی، تأثیر زیان‌آوری روی اجرای ورزشی خواهند داشت(۱۴). در مقابل، کوپو[1] و بوکرت[2] (۲۰۰۰) اشاره کردند که بهبود پویایی اکسیژن مصرفی به دنبال فعالیت های مقدماتی تا حد زیادی از شدت فعالیت مقدماتی مستقل است. این محققان بیان کردند که تمرینات زیربیشینهٔ مقدماتی، به خوبی تمرینات شدید تر می‌تواند منجر به شتاب پویایی اکسیژن مصرفی طی تمرین بعدی (تمرین اصلی) شود و علت این موضوع را افزایش اکسیژن در دسترس عضلات در اثر تمرینات مقدماتی بیان کردند(۱۲). بنابراین، با توجه به این یافته های متناقض، منطقی است که برخی از محققان در خصوص این چالش (اثر شدت فعالیت گرم کردن بر پویایی اکسیژن) به مطالعه بپردازند.

یکی از موضوعات مهمی‌که احتمالاً باعث تناقض یافته ها در خصوص اثر شدت گرم کردن بر پویایی اکسیژن مصرفی گردیده، شدت فعالیتی است که پس از گرم کردن انجام شده است. برای مثال، گربینو[3] و همکاران(۱۹۹۶) به بررسی پویایی اکسیژن مصرفی و شاخص‌های تنفسی طی هر دو تمرینات زیربیشینه و شدید، متعاقب گرم کردن شدید پرداختند. آنها دریافتند که گرم کردن شدید باعث شتاب پویایی اکسیژن مصرفی و متغیرهای تنفسی طی تمرین شدید

---

[1]. .Koppo

[2] . Bouckaert

[3] .Gerbino et al.

می‌شود، اما پس از گرم کردن شدید تمرینات متوسط تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد(۱۰). در تأیید یافته‌های گربینو و همکاران (۱۰)، برونلی[1] و همکاران (۲۰۰۰) و دلوری[2] و همکاران (۲۰۰۷) نیز نشان دادند گرم کردن شدید، طی تمرینات شدید بعدی، منجر به سریع‌تر شدن پویایی اکسیژن می‌شود(۱۶،۱۵). با وجود این، کمپل و همکاران (۲۰۰۲) در پژوهشی نشان دادند که تمرین شدید مقدماتی، باعث بهبود پویایی اکسیژن مصرفی طی فعالیت زیربیشینه می‌شود(۱۷). این یافته‌ها بعداً توسط ساحلین[3] (۲۰۰۵)، گارد و همکاران (۲۰۰۶) و برونلی و همکاران (۲۰۰۷) نیز تأیید شد(۱۹،۱۸،۴).

با مطالعهٔ یافته‌های پیشین مشخص می‌شود که از مدل های مختلفی از قبیل مدل تک نمایی (۱۰) یا ثابت زمانی (۳) جهت بررسی پویایی اکسیژن مصرفی استفاده شده، و یا سطح آمادگی آزمودنی ها و یا سن آزمودنی ها در مطالعات مختلف متفاوت بوده است که این مجموعه عوامل ممکن است در تناقض یافته ها سهیم بوده باشند. بنابراین، علی‌رغم اهمیت و ضرورت بررسی عوامل مؤثر بر پویایی اکسیژن مصرفی(۳)، پاسخ های احتمالی مطلوب گرم کردن با شدت های مختلف بر پویایی اکسیژن مصرفی به دلیل محدود بودن پژوهش در این زمینه، هنوز کاملاً مورد تأیید قرار نگرفته است. در حقیقت با توجه به جدید بودن موضوع پویایی اکسیژن مصرفی، دستاوردهای متعدد پژوهشگران بیشتر در مورد تأثیرات گرم کردن بوده است و به اثرات شدت‌های مختلف گرم کردن بر متغیرهای فیزیولوژیک، به‌ویژه پویایی اکسیژن توجه چندانی نشده است. از این‌رو، لزوم اجرای گرم کردن پیش از فعالیت اصلی و شدت مطلوب گرم کردن از نظر پویایی اکسیژن مصرفی در فعالیت پس از آن، به‌خصوص برای شروع مطلوب فعالیت، موضوع مورد بحث محققان، مربیان و ورزشکاران است. بنابراین هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر شدت گرم کردن بر پویایی اکسیژن مصرفی فعالیت زیر بیشینه در زنان تیم ملی فوتسال بوده است.

روش‌شناسی تحقیق

پژوهش حاضر، کاربردی از نوع نیمه تجربی و طرح آن درون گروهی (در یک گروه) با آزمون تکراری بوده است. آزمودنی های این پژوهش را بازیکنان تیم ملی فوتسال زنان (۱۰ نفر) که در اردوی آماده سازی تیم ملی (آبان ماه ۱۳۸۷) حضور داشتند، تشکیل می دادند. با توجه به

---

[1]. Burnley et al.
[2]. Delory et al.
[3]. Sahlin

اثرپذیری پویایی اکسیژن مصرفی از سطح آمادگی هوازی(۴) و همگن‌تر کردن آزمودنی‌ها از نظر VO2max، دروازه‌بانان تیم (۲نفر)که VO2 max آنها پایین تر از ۴۰ میلی لیتر به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در دقیقه بود، در نمونه های تحقیق وارد نشدند(جدول شمارهٔ۱).

جدول ۱. شاخص های توصیفی ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها

ویژگی های فردی	میانگین	انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر
سن تقویمی (سال)	۲۲/۵	۳/۲۰۵	۱۹	۲۷
وزن (کیلوگرم)	۵۶/۰۴	۶/۱۷۶	۴۸/۵	۶۶/۲
قد (سانتی‌متر)	۱۶۳	۳/۶۸۱	۱۵۸	۱۷۰
درصد چربی(٪)	۲۳/۵	۳/۸	۱۹/۵	۲۷/۹
شاخص تودهٔ بدنی(کیلوگرم بر متر مربع)	۲۱/۰۷	۲/۲۲۳	۱۷/۷۸	۲۴/۶
حداکثر اکسیژن مصرفی(میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه)	۴۶/۰۵	۴/۶۱	۴۰/۶	۵۰/۳۴

آزمودنی ها از انجام فعالیت جسمانی شدید ۲۴ ساعت قبل از آزمون ها منع شدند و پس از پر کردن پرسشنامهٔ سلامتی و دریافت رضایت و تعهدنامهٔ شرکت در پژوهش، در ۴ جلسهٔ مجزا، با حداقل ۴۸ ساعت فاصلهٔ زمانی، به آکادمی ملی المپیک مراجعه کردند. در اولین جلسه، شاخص‌های آنتروپومتریک و ترکیب بدنی آزمودنی‌ها به وسیلهٔ دستگاه ترکیب بدن[1] اندازه‌گیری شد. همچنین آزمودنی ها با بستن ضربان سنج پلار و استفاده از دستگاه گاز آنالیزر[2] روی نوارگردان[3]، آزمون فزاینده ای را جهت تعیین VO2max و آستانهٔ لاکتات انجام دادند. آزمون فزاینده (طبق پروتکل موجود در دستگاه نوارگردان) شامل ۳ دقیقه گرم کردن با سرعت ۶ کیلومتر در ساعت بود که پس از آن هر دقیقه یک کیلومتر به سرعت افزوده می‌شد تا زمانی که فرد به واماندگی می‌رسید. اندازه‌گیری VO2max و اکسیژن مصرفی در آستانهٔ لاکتات از این نظر اندازه‌گیری شد که برای شدت گرم کردن به‌عنوان ملاک مورد استفاده قرار گیرد(۲۰).

---

[1]. .Body Composition Analyzer(Inbody 3.0, Biospace Co, Ltd. KOREA)

[2] . Gas Analyzer(k4b2,Italy)

[3] .Technogym, Via G.perticaria,20 47035 Gambettola(Forli)(Italy)

طی سه مراجعه بعدی (روز دوم، سوم و چهارم، به فاصلهٔ ۴۸ ساعت از همدیگر) هر آزمودنی دو پروتکل گرم کردن (گرم کردن شدید و گرم کردن متوسط)و یک نوبت بدون گرم کردن را قبل از فعالیت زیربیشینه (فعالیت ۶ دقیقه ای با شدت ۸۰ درصد اکسیژن مصرفی آستانهٔ لاکتات که در آن پویایی اکسیژن مصرفی مورد مطالعه قرار گرفت) انجام دادند. برنامهٔ گرم کردن شدید شامل ۶ دقیقه دویدن روی تردمیل با شدت مجموع اکسیژن مصرفی در آستانهٔ لاکتات و نصف اختلاف حداکثر اکسیژن مصرفی و اکسیژن مصرفی در آستانهٔ لاکتات، [(LT+٪۵۰VO2max-LT)] ، و برنامهٔ گرم کردن متوسط در زمان مشابه (۶ دقیقه) ولی با شدت ۸۰درصد اکسیژن ٪۵۰ مصرفی آستانهٔ لاکتات انجام شد. سرعت دویدن روی نوارگردان برای هر دو نوع پروتکل گرم کردن با توجه به سرعت مراحل مختلف آزمون روز اول (تعیین VO2max و آستانهٔ لاکتات) محاسبه و اجرا شد. پروتکل‌های گرم کردن با توجه به استفاده از آنها در منابع دیگر با همین اسامی، برای این پژوهش انتخاب شدند(۲۰)

در فاصلهٔ بین گرم کردن و فعالیت زیربیشینه(۶دقیقه، ۸۰درصد اکسیژن مصرفی آستانهٔ لاکتات) آزمودنی ها حداکثر ۳ دقیقه و با سرعت ۳ کیلو متر در ساعت روی نوارگردان دویدند، تا ضربان کاهش یابد و در هر سه مرحله، به عدد مشابهی برای شروع فعالیت اصلی برسد. با این کار، از اثر افزایش ضربان قلب بر تمرین اصلی جلوگیری شد. همچنین برای حذف اثر یادگیری روی نتایج آزمون پویایی اکسیژن مصرفی در روزهای آینده، آزمودنی ها برای هر جلسه آزمون به‌طور تصادفی به سه گروه تقسیم شدند. برای مثال، اگر تعدادی از آزمودنی‌ها (۳ نفر) روز اول، پروتکل گرم کردن شدید را اجرا می‌کردند، در جلسهٔ بعدی گرم کردن متوسط و روز آخر، پروتکل بدون گرم کردن را اجرا می‌کردند؛ بنابراین در هر روز آزمون، هر سه پروتکل (گرم کردن شدید، گرم کردن متوسط، بدون گرم کردن)توسط تعدادی از آزمودنی ها اجرا می‌شد(طرح ضربدری[1]).آزمودنی ها در طی انجام آزمون از طریق ماسک مخصوص که روی دهان و بینی آنها قرار داشت، تنفس می کردند و گازهای تنفسی در تمامی مرحلهٔ آزمون نفس به نفس جمع‌آوری شد.

در پژوهش حاضر، برای بررسی پویایی اکسیژن مصرفی، از مدل چهار ثابت زمانی۱،۲،۳و۴ (به ترتیب زمان رسیدن به ۶۳درصد ، ۸۶درصد، ۹۵درصد و ۹۸درصد کل اکسیژن مصرفی) که نسبت به مدل تک نمایی دارای برتری است، استفاده شد(۳). همچنین به‌دلیل اینکه کل اکسیژن مصرفی پس از سه نوع گرم کردن یکسان نبود، موضوعی که در تحقیقات پیشین مورد

[1] .cross design

توجه قرار نگرفته بود، نسبت اکسیژن مصرفی به زمان رسیدن در چهار ثابت زمانی نیز به‌عنوان یک متغیر جدید در پویایی اکسیژن مصرفی مورد توجه قرار گرفت.

در ابتدا، نرمال بودن داده ها با استفاده از آزمون آماری کولموگوروف-اسمیرنوف تأیید شد. سپس برای تجزیه و تحلیل داده ها از روش آنالیز واریانس یکطرفه با اندازه‌گیری‌های مکرر، و برای مقایسهٔ درون گروهی متغیرها از آزمون LSD و سطح معنی‌داری ($\alpha < ۰/۰۵$) استفاده گردید. کلیهٔ محاسبات آماری با نرم افزارspss-۱۶ انجام شد و برای رسم نمودارها نیز نرم‌افزار Origin Lab ۸ مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌های پژوهش

مقادیر مربوط به پویایی اکسیژن مصرفی(اکسیژن مصرفی، زمان رسیدن و نسبت اکسیژن مصرفی به زمان رسیدن) در چهار ثابت زمانی به همراه سطح معنی داری تفاوت بین سه گروه در جدول شمارهٔ ۲ ارائه شده است.

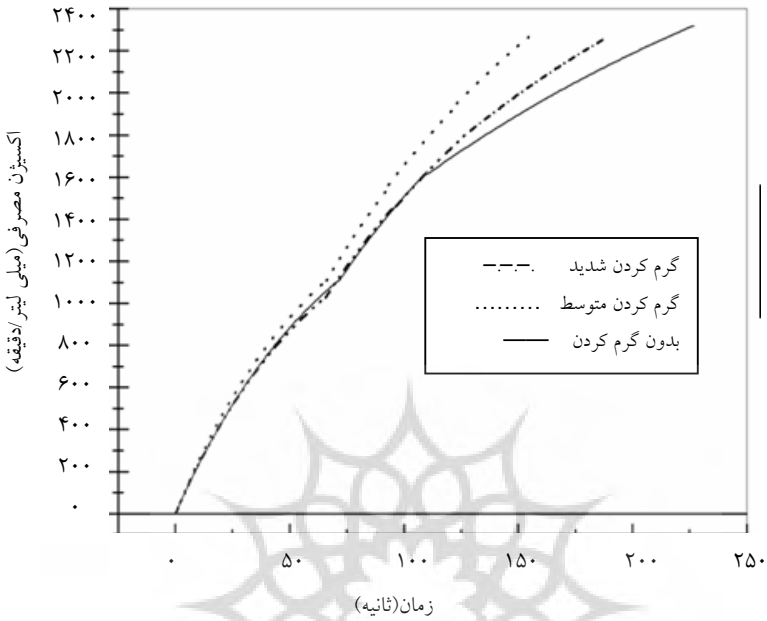
نتایج بررسی توصیفی مربوط به مراحل مختلف پویایی اکسیژن مصرفی در جدول شمارهٔ ۲ و شکل شمارهٔ ۱ آمده است. نتایج پژوهش نشان داد، ثابت زمانی یک و دو اکسیژن مصرفی طی تمرین زیربیشینه بین سه وضعیت، تفاوت معنی‌داری نداشت($p=۰/۴۵$، $p=۰/۱۳۸$)، اما کاهش ثابت زمانی سه و چهار پس از گرم کردن شدید و متوسط، نسبت به بدون گرم کردن تفاوت معنی‌داری داشت($p=۰/۰۰۱$ ،$p=۰/۰۰۹$)(جدول شمارهٔ ۲). همچنین بین نسبت اکسیژن مصرفی به زمان رسیدن در بین سه وضعیت بررسی شده در ثابت زمانی یک، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد($p=۰/۳۳۴$)، اما در ثابت زمانی دو($P=۰/۰۳۳$)، سه($P=۰/۰۱۱$) و چهار($P=۰/۰۰۷$) پس از گرم کردن شدید و متوسط نسبت به بدون گرم کردن افزایش معنی‌داری داشت.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۲. پویایی اکسیژن مصرفی در مراحل مختلف آزمون در پژوهش حاضر

مرحلهٔ آزمون / اماره		بدون گرم کردن	گرم کردن متوسط	گرم کردن شدید	معنی‌داری
کل اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر/دقیقه)		۱۷۵۹/۵±۱۱۶	۱۷۵۷/۹±۱۵۸	۱۶۲۸/۴±۱۰۲	۰/۰۵۵
ثابت زمانی ۱	اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر/دقیقه)	۱۱۰۸/۵±۷۳/۵	۱۱۰۷/۵±۹۹/۶	۱۰۲۵/۹±۶۴/۸	۰/۰۵۵
	زمان رسیدن(ثانیه)	۷۱/۷۵±۶/۶	۶۶/۲±۱۶/۵	۶۵/۷۵±۹/۸	۰/۴۵
	نسبت اکسیژن مصرفی /زمان رسیدن (میلی‌لیتر/ثانیه)	۱۵/۴۴	۱۶/۷۲	۱۵/۶۰	۰/۳۳۴
ثابت زمانی ۲	اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر/دقیقه)	۱۵۱۳/۲±۱۰۰/۳۸	۱۵۱۱/۸±۱۳۶	۱۴۰۰/۴±۸۸/۵۷	۰/۰۵۵
	زمان رسیدن(ثانیه)	۱۱۰/۲±۷/۷	۹۳/۳±۲۴/۷	۹۶/۶±۱۲/۸	۰/۱۳۸
	نسبت اکسیژن مصرفی /زمان رسیدن (میلی‌لیتر/ثانیه)	۱۳/۷۳	۱۶/۲*	۱۴/۴۹	۰/۰۳۳
ثابت زمانی۳	اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر/دقیقه)	۱۶۷۴/۵±۱۱۳	۱۶۷۰±۱۵۰/۳	۱۵۴۷±۹۷/۸	۰/۰۵۹
	زمان رسیدن(ثانیه)	۲۲۷±۶۹	۱۲۳/۱±۲۸/۵*	۱۲۹±۱۸/۹*	۰/۰۰۱
	نسبت اکسیژن مصرفی /زمان رسیدن (میلی‌لیتر/ثانیه)	۷/۳۷	۱۳/۵۶*	۱۱/۹۹*	۰/۰۱۱
ثابت زمانی ۴	اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر/دقیقه)	۱۷۲۴/۳±۱۱۴/۳	۱۷۲۱/۶±۱۵۳/۵	۱۵۹۵/۸±۱۰۰/۹۲	۰/۰۵۵
	زمان رسیدن(ثانیه)	۲۵۶/۶±۷۱/۸	۱۵۸/۲±۳۹*	۱۸۷/۴۱*	۰/۰۰۹
	نسبت اکسیژن مصرفی /زمان رسیدن (میلی‌لیتر/ثانیه)	۶/۷۱	۱۰/۸۸*	۸/۵۱*	۰/۰۰۷

* تفاوت معنی دار با گروه کنترل



شکل ۱. نمودار پویایی اکسیژن مصرفی با توجه به ثابت زمانی(۱،۲،۳و۴) اکسیژن مصرفی تمرین زیربیشینه پس از سه وضعیت(گرم کردن شدید، متوسط و بدون گرم کردن)

بحث و نتیجه‌گیری

مهم‌ترین یافتهٔ پژوهش حاضر این بود که گرم کردن متوسط و شدید باعث کاهش ثابت زمانی پویایی اکسیژن مصرفی می‌شود و فرد در زمان کمتری به مرحلهٔ کند نمودار و مرحلهٔ یکنواخت می رسد. این نتایج با یافته‌های کمپل(۲۰۰۲)، برندون (۲۰۰۴) و گارد(۲۰۰۶) از این جهت همخوانی داشت که این محققان در تحقیقات خود نشان داده‌اند، ثابت زمانی پویایی اکسیژن مصرفی طی تمرین زیربیشینه به‌دنبال تمرین شدید مقدماتی کاهش می‌یابد(۲۰،۱۹،۱۷). در مقابل، نتایج گربینو(۱۹۹۶)، برونلی(۲۰۰۰)، باری(۲۰۰۲) با یافته‌های این پژوهش همخوانی ندارد. این محققان نیز در پژوهش‌های خود نشان دادند که ثابت زمانی اکسیژن مصرفی طی تمرین زیربیشینه تحت تأثیر گرم کردن شدید و متوسط قرار نمی‌گیرد(۱۵،۱۱،۱۰). مطابق گفتهٔ برونلی(۲۰۰۰)، تفاوت پژوهش گربینو و پژوهش حاضر در این است که گربینو برای بررسی پویایی اکسیژن مصرفی از مدل تک نمایی استفاده کرد که آن دارای محدودیت هایی

است(۱۵)، اما در این پژوهش برای بررسی پویایی اکسیژن مصرفی از چهار ثابت زمانی(۱،۲،۳،۴) استفاده شده و از این جهت، پژوهش حاضر از جامعیت بالاتری برخوردار است. از سوی دیگر، به نظر می‌رسد استفاده از مدل تک نمایی برای تفسیر پاسخ اکسیژن مصرفی به تمرین روش مناسبی نباشد، زیرا این مدل تغییرات پویایی اکسیژن مصرفی را مشخص نمی‌سازد(۱۵) و پیداست که این نقص از دقت یافته ها می‌کاهد. نکتهٔ دیگری نیز می‌تواند تناقض میان یافته ها در پژوهش های به ظاهر یکسان را توجیه کند. از آن جمله می‌توان، به تفاوت در سطح آمادگی و جنسیت آزمودنی‌ها اشاره کرد. برای نمونه، در تحقیق باری (۲۰۰۲) که در آن یافته‌های متفاوتی نسبت به تحقیق حاضر مشاهده شد، از مردان سالم فعال که ورزشکار حرفه‌ای نبودند، استفاده شده است. در صورتی که آزمودنی‌های پژوهش حاضر را بازیکنان زن تیم ملی فوتسال تشکیل می‌دادند که از نظر آمادگی در سطح مطلوب‌تری قرار داشتند و جنسیت آنها نیز متفاوت بوده است که این عوامل ممکن است تا حدی در نتایج متفاوت دو پژوهش مؤثر بوده باشد. سن آزمودنی عامل دیگری است که می‌تواند بیان‌کنندهٔ تفاوت و تناقض های میان یافته‌های این پژوهش و سایر تحقیقات و در واقع می‌تواند توجیه‌کنندهٔ این تناقض‌ها باشد. این مسئله، با مقایسهٔ نتیجهٔ حاصل از این پژوهش با پژوهش‌های دلوری و باری روشن می‌شود. دلوری(۲۰۰۴) از تحقیق خود چنین نتیجه می‌گیرد که جریان خون و انتقال اکسیژن، پویایی اکسیژن مصرفی را طی تمرین متوسط در جوانان محدود نمی‌کند و به عبارتی دیگر، تغییر نمی دهد(۵). همچنین باری بیان کرد که گرم کردن، باعث بهبود جریان خون و در نتیجه سریع‌تر شدن پویایی اکسیژن مصرفی در افراد مسن می‌شود(۱۱).

با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر می توان گفت، کاهش ثابت زمانی به معنی کاهش کسر اکسیژن است. بنابراین نیاز به تولید انرژی بی هوازی طی انتقال به تمرین اصلی کاهش می‌یابد. این اثر ممکن است باعث افزایش تحمل تمرین شود، زیرا کاهش کسر اکسیژن با کاهش سطح سوبسترای فسفوریلاسیون و تجمع متابولیت‌ها مرتبط است(۱۳،۲). همان‌طوری که نتایج پژوهش نشان داد، کل اکسیژن مصرفی در پایان تمرین پس از گرم کردن شدید نسبت به گرم کردن متوسط و بدون گرم کردن کاهش یافت، پس می‌توان گفت انجام گرم کردن شدید باعث کاهش اکسیژن مصرفی و بهبود اقتصاد حرکتی، طی تمرین زیربیشینه می‌شود.

با توجه به اینکه مصرف اکسیژن کل در سه حالت گرم کردن کاملاً یکسان نبود، در این پژوهش از نسبت اکسیژن مصرفی به ثابت زمانی استفاده شد. در حقیقت این یافته‌ها تأییدکنندهٔ یافته‌های مربوط به ثابت زمانی و نیز گفته‌های پیشین است که گرم کردن سبب

کاهش زمان رسیدن به حالت یکنواخت اکسیژن مصرفی می‌شود، شیب نمودار پویایی اکسیژن مصرفی تندتر، و در زمان کمتر اکسیژن بیشتری مصرف می شود. بنابراین، انتقال اکسیژن به عضلات فعال ممکن است یکی از محدودیت‌های پویایی اکسیژن مصرفی طی تمرین شدید باشد(۱۹) و گرم کردن پویایی اکسیژن مصرفی را از طریق افزایش جریان خون عضلات و افزایش اکسیژن در دسترس، سریع‌تر کند(۱۳). از جمله اثرات گرم کردن بر شتاب پویایی اکسیژن مصرفی، انبساط عروقی، بهبود جریان خون، انحراف منحنی تجزیهٔ اکسی هموگلوبین به راست، بهبود جدا شدن اکسیژن از هموگلوبین و افزایش انتشار اکسیژن بین مویرگ‌های خونی و میتوکندری است(۱۶،۱۵،۱۳). این پدیده، یعنی افزایش اکسیژن در دسترس در شروع تمرین در نتیجهٔ گرم کردن، باعث ثبات سریع‌تر محیط درون سلولی و کنترل متابولیکی به نحو بهتری می‌شود(۱۵). گرم کردن همچنین دامنهٔ تخلیهٔ فسفوکراتین طی تمرین را کاهش می‌دهد و نیز موجب افزایش کارایی مکانیکی عضلات فعال به‌دنبال افزایش دمای عضلات می‌شود(۲۱)، ضمن اینکه از نتایج دیگر گرم کردن، کاهش تجمع لاکتات در اثر افزایش اکسیژن در دسترس است.

از دیگر نتایج پژوهش حاضر این بوده است که گرم کردن پیش از تمرین زیر بیشینه، باعث کاهش کل اکسیژن مصرفی در پایان تمرین می‌شود، هر چند دلایل این پدیده مشخص نیست اما می توان گفت که یکی ازعوامل مؤثر بر کاهش کل اکسیژن مصرفی در پایان تمرین، کاهش مؤلفه آهستهٔ اکسیژن مصرفی است(۱۶،۱۵). کاهش ثابت زمانی سه و چهار در این پژوهش نیز مؤید این مطلب است که مؤلفهٔ آهسته کاهش پیدا کرده است. کاهش مؤلفهٔ آهسته همچنین ممکن است بازتاب ثبات سریع‌تر هموستاز درون سلولی طی تمرین اصلی به علت فراخوانی کمتر تارهای نوع II (تار تند انقباض) باشد(۲۲،۱۵). در حمایت از این فرضیه، کاهش مؤلفهٔ آهسته، در آزمودنی‌هایی با درصد بالای تارهای نوع I مشاهده شده است(۱۵). همچنین گفته شده است که افزایش دمای عضلهٔ فعال نیز ممکن است در کاهش مؤلفهٔ آهسته توسط اثر Q۱۰ (اثر افزایش روی واکنش آنزیم‌های کاتالاز) روی متابولیسم عضله و یا کاهش کارایی فسفوریلاسیون سهیم باشد(۱۵،۱۳). به هرحال، هنوز علت اثر افزایش دما روی کاهش مؤلفهٔ آهسته به‌طور کامل مشخص نیست. محققان بیان می‌دارند که تمرین مقدماتی موجب کاهش ویسکوزیته عضله و در نتیجه بهبود کارایی مکانیکی می شود(۳). در مطالعهٔ گربینو، علت بهبود پویایی اکسیژن مصرفی(کاهش مؤلفهٔ آهسته، قسمت انتهای نمودار پویایی اکسیژن مصرفی در مدل تک نمایی) به تحریک اسیدوز متابولیکی متعاقب تمرین شدید مقدماتی نسبت داده شده است(۱۰)، اما در این پژوهش، اسیدوز متابولیکی اندازه‌گیری نشد. بنابراین، یافته‌های پژوهش

حاضر نشان داد که گرم کردن شدید و متوسط کاهش ثابت زمانی و مؤلفهٔ آهستهٔ اکسیژن مصرفی، در نتیجهٔ کاهش کسر اکسیژن و مشارکت متابولیسم بی هوازی از طریق افزایش اکسیژن در دسترس طی تمرین، زیربیشینه می‌شود.

به طور خلاصه، گرم کردن متوسط تأثیر بهتری بر پویایی اکسیژن مصرفی و کاهش بیشتر ثابت زمانی اکسیژن مصرفی طی تمرین زیر بیشینه(متوسط)داشت، اما با توجه به رعایت اصل ویژگی تمرین به معنای همخوانی نوع گرم کردن با نوع تمرین، تحقیقات انجام شده به تأثیر گرم کردن متوسط بر تمرینات متوسط محدود است. بعید نیست که چنانچه تأثیر گرم کردن شدید بر تمرینات شدید نیز مورد بررسی قرار می‌گرفت، نتایج دیگری حاصل می‌شد. بنابراین همان‌گونه که گرم کردن متوسط پیش از تمرین متوسط نتایج یادشده را به همراه دارد، ممکن است تأثیر گرم کردن شدید بر تمرین شدید نیز همین نتایج را در پی داشته باشد.

منابع:

- Loftin M, Heusel L, Bonis M, Carlisle L, and Sothern M.(2005). Comparison of oxygen uptake kinetics and oxygen deficit in severely overweight and normal weight adolescent females. Journal of Sports Science and Medicine 4, 430-436.
- Carter H, Jones AM., Barstow TJ., Burnley M, Williams C, and Doust JH.(2000). Effect of endurance training on oxygen uptake kinetics during treadmill running. J Appl Physiol 89: 1744-1752.
- Jones,A.M.&Poole,D.C.(Eds)(2005).Oxygen uptake kinetics in Sport, Exercise and Medicine. London and New York : Routledge.
- Burnley, Mark and Jones, Andrew M. (2007).Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance', European Journal of Sport Science, 7:2, 63-79.
- Delory DS.,.Kowalchuk JM, and Paterson DH. (2004). Effect of age on O2 uptake kinetics and the adaptation of muscle deoxygenation at the onset of moderate intensity cycling exercise. Journal of Applied Physiology 97:165-172.
- Borrani, R. Candau,G.Y. Millet,S.Perrey, J. Fuchslochher, and J. D. RouIllon(2001).Is the VO2 Slow Component Dependent on Progressive Recruitment of Fast-twitch Fibers in Trained Runners?. J Appl Physio, 90: 2212–2220.

- Pringle, J.S.M., Doust, J.H., Carter,H., Tolfrey, Campbell,I.T. and Jones, A.M.(2003).Oxygen Uptake Kinetics During Cinstant Load Submaximal Exercise in Humans: The Influence of Muscle Fibre Type and Capillarisation. .European Journal of Applied Physiology, 89,289-300.
- Barstow,T J., Richard C, and Karlman W. (1993). O2 uptake kinetics and the O2 deficit as related to exercise intensity and blood lactate. American Physiological Society, 0161-7567/93.
- Pringle J. S. M, Jonathan H. D, Carter H, Tolfrey K, and Jones A. M. (2003). Effect of pedal rate on primary and slow-component oxygen uptake responses during heavy-cycle exercise. J Appl Physiol 94: 1501–1507.
- Gerbino A, Ward SA, and Whipp BJ.(1996). Effects of prior exercise on pulmonary gas exchange kinetics during high-intensity exercise in humans. J Appl Physiol 80: 99–107.
- Barry W. Scheuermann, Chris Bell, Donald H. Paterson, Thomas J. Barstow, and John M. Kowalchuk (2002). Oxygen Uptake Kinetics for Moderate Exercise are Speeded in Older Humans by Prior Heavy Exercise. J Appl Physiol 92: 609–616.
- Koppo.K,.Bouckaert. J (2000) Inhumans the oxygen uptake slow component is reduced by perior exercise of high as well as low intensity. EUR J Appl Physiol 83:559- 595.
- MCcutcheon .L. J., Geor 1 R. J., and Hinhhcliff. K. W.(1999). Effects of prior exercise on muscle metabolism during sprint exercise in horses. J Appl Physiol. 7:1914-1922.
- Carter,H.,Pringle,J.S.M.,Boobis,L.,Jones,A.M.and Doust,J.H.(2004). Muscle Glycogen Depletion alters Oxygen Uptake Kinetics During Heavy Exercise .Medicine and Science in Sport and Exe rcise 36,967-72.
- Burnley ,Mark, Andrew M. Jones, Helen Carter, and Jonathan H. Doust (2000). Effects of prior heavy exercise on phase II pulmonary oxygen uptake kinetics during heavy exercise. J Appl Physiol 89:1387-1396.
- DeLorey ,D. S., John M. Kowalchuk, Aaron P. Heenan, Gregory R. duManoir, and Donald H. Paterson1,.(2007). Prior exercise speeds pulmonary O2 uptake kinetics by increases in both local muscle O2 availability and O2 utilization. J Appl Physiol 103: 771–778.

- Campbell - O'Sullivan SP, Constantin- Teodsiu D, Peirce N& Greenhaff PL(2002). Low intensity exercise in humane accelerates mitocondrial ATP production and pulmonary oxygen uptake kinetics during subsequent more intense exercise. J Physiol 538, 931- 939.
- Sahlin K., Sorensen J.B., Gladden L.B., Rossiter H.B. and Pedersen P.K. (2005)Prior Heavy Exercise Eliminates VO2 Slow Component and Reduces Efficiency During submaximal exercise in humans.J Physiol 564.3 pp 765- 773.
- Gurd .B. J., S. J. Peters, G. J. F. Heigenhauser, P. J. LeBlanc, T. J. Doherty, D. H. Paterson and J. M. Kowalchuk (2006). Prior heavy exercise elevates pyruvate dehydrogenase activity and speeds O2 uptake kinetics during subsequent moderate-intensity exercise in healthy young adults. J Physiol 5773 pp 985–996.
- Brendon J. Gurd, Barry W. Scheuermann, Donald H. Paterson,and John M. Kowalchuk.(2004). Prior Heavy-intensity Exercise Speeds V· O2 Kinetics During Moderate-intensity Exercise in Young Adults. J Appl Physiol 98: 1371–1378.
- Koga, S.H., Shiojiri, T, Kondo, N. and Barstow. J.(1997). Effect of increased muscle temperature on oxygen uptake kinetics during exercise. J Appl Physiol 83:1333-1338.
- Barstow,T.J.,Jones,A.M.,Nguyen,P.andCasaburi,R.(2000). Influence of Muscle Fibre Type and Fitness on the Oxygen Uptake /Power Output Slope During Incremental Exercise in Humans. Experimental Physiology, 85,109-16.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی