بررسی ارتباط بین تغییرات برخی متغیرهای قلبی ـ تنفسی فعالیت زیربیشینه با مؤلفه آهسته اکسیژن مصرفی بعد از کشش ایستا و پویا در زنان فعال

مارال رامز[1]*، حمید رجبی**

*کارشناس ارشد فیزیولوزی ورزش دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی

**دانشیار دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۹/۲۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۲/۳۰

چکیده

مطالعات بسیاری اثر مثبت و منفی حرکات کششی را بر کارآیی حرکتی مطالعه کرده‌اند و اکثر این مطالعات، سازوکارهای عصبی را مسئول این تغییرات معرفی کرده‌اند، اما به نظر می‌رسد عوامل سوخت‌وسازی و قلبی و تنفسی نیز با تغییرات کارایی حرکتی ارتباط داشته باشند. بنابراین، هدف پژوهش حاضر تعیین ارتباط بین تغییرات برخی متغیرهای قلبی ـ تنفسی طی فعالیت زیربیشینه با مؤلفه آهسته اکسیژن مصرفی به دنبال کشش ایستا و پویا در ۱۶ دانشجوی زن رشته تربیت‌بدنی با سن ۱/۶۲±۲۳/۸۷، قد ۶/۲۳±۱۶۳/۴۶ سانتی‌متر، وزن ۷/۸۴±۵۷/۲۰ کیلوگرم، چربی ۲/۷۰±۲۳/۹۶ درصد و حداکثر اکسیژن مصرفی ۳/۴۱±۴۲/۱۵ میلی‌لیتر بر کیلوگرم بر دقیقه بود. آزمودنی‌ها در سه‌جلسه جداگانه (در یک طرح متقاطع)، دو پروتکل کشش (ایستا و پویا) و بدون کشش را قبل از فعالیت زیربیشینه (۶ دقیقه دویدن روی نوارگردان با شدت ۷۰درصد حداکثر اکسیژن مصرفی)، انجام دادند. تمام متغیرها به‌وسیله گازانالایزر جمع‌آوری و نمودار پویایی اکسیژن مصرفی ثبت شد. نتایج آزمون رگرسیون چندمتغیره، همبستگی مثبت بین اکسیژن مصرفی مؤلفه آهسته با تغییرات تهویه ریوی (۰/۷۶)، تواتر تنفسی (۰/۴۸)، حجم جاری (۰/۶۷)، ضربان قلب (۰/۴۱)، ثابت زمانی ۱ (۰/۴۹)، ثابت زمانی ۲ (۰/۵۲) و ثابت زمانی ۳ (۰/۴۶) نشان داد که تهویه ریوی بالاترین همبستگی را داشت. به‌طورکلی، نتایج این پژوهش نشان داد که بخشی از تغییرات در مؤلفه آهسته اکسیژن مصرفی به‌دنبال حرکات کششی به عوامل سوخت‌وسازی و قلبی ـ تنفسی وابسته است.

واژه‌های کلیدی: متغیرهای قلبی ـ تنفسی، مؤلفه آهسته اکسیژن مصرفی، کشش ایستا و پویا، فعالیت زیربیشینه.

The investigating of relationship between changes of some of the cardiorespiratory factors during submaximal activity with slow component of Vo_2 ,after static and dynamic stretching in active women

Ramez, M.*., Rajabi, H**.

* Master of Exercise Physiology, Kharazmi University, Iran

** Associate professor, Factuly of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Iran

Abstract

The purpose of this study was to determine the relationship between changes of some of the cardiorespiratory factors during submaximal activity with slow component of Vo_2 after static and dynamic stretching in 16 active women from physical education college (Mean ± SD : age, 23.87± 1.62 yr ; weight, 57.20 ± 7.84 kg ; height, 163.46 ± 6.23 cm; body fat % ,23.96 ± 2.70 and Vo_2max, 42.15 ± 3.41 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$). After measurement of Vo_2max and LT , the subjects performed two protocols of stretching (static and dynamic) and one protocol without stretching before submaximal activity (treadmill running at 70% Vo_2max) in three separate sessions. Respiratory gas exchange and HR was measured by gas analyzer and polar and time constants (τ_1- τ_2 - τ_3) were calculated from O_2 kinetics graph. Results revealed a positive correlation between slow component of Vo_2 with changes of V_E (0.76), F_b (0.48), Tv (0.67), HR (0.41), τ_1 (0.49) ,τ_2 (0.52) , τ_3 (0.46) and steady state oxygen uptake increased significantly after static stretching (P=0.031). Therefore, results of this study showed that some of changes in slow component of Vo_2 after static and dynamic stretching related to metabolic and cardiorespiratory factors.

KeyWords : Cardiorespiratory factors , Slow component of Vo_2, Static and Dynamic stretching, Submaximal activity

1.maralramez@yahoo.com

مقدمه

در شروع تمرینات زیربیشینه با فشار ثابت، اکسیژن مصرفی پس از تأخیر حدوداً ۲۰ ثانیه‌ای، که نشان‌دهنده زمان انتقال جریان خون از عضلات فعال به ریه‌هاست و مستقل از مصرف اکسیژن در عضلات است (فاز I پویایی اکسیژن مصرفی)، به طور تصاعدی افزایش می‌یابد. این مرحله، از زمانی که خون سیاهرگی از عضلات درحال ورزش به ریه‌ها می‌رسد شروع می‌شود و دقیقاً مطابق با پویایی اکسیژن مصرفی عضلات در حالت طبیعی است و با نام‌هایی چون مؤلفه سریع، مؤلفه اولیه یا مؤلفه اساسی نیز خوانده می‌شود (فاز II) و پس از دو تا سه دقیقه از شروع تمرین تا پایان تمرین ثابت می‌ماند. یا درصورت طولانی یا شدیدبودن فعالیت، به صورت آهسته افزایش می‌یابد (فاز III) که به آن مؤلفه آهسته می‌گویند (۱). هرچند اجرای تمرین در مرحله یک‌نواخت به‌مدت نسبتاً طولانی امکان‌پذیر است، سطوح بالای اکسیژن مصرفی در مرحله یک‌نواخت (مؤلفه آهسته) موجب کاهش تحمل تمرین به دلیل افزایش میزان سوخت‌وساز می‌شود (۲). بنابراین، تلاش برای کاهش مؤلفه آهسته یکی از راهکارهای مفید و مقبول در عملکرد ورزشی طولانی‌مدت قلمداد می‌شود. هرچند سازوکار فیزیولوژیایی تغییر مؤلفه آهسته به‌طور دقیق مشخص نیست، به نظر می‌رسد با عواملی مثل تغییر کار سیستم قلبی ـ تنفسی، تغییرات هورمونی (۳) و عوامل درون‌سلولی، ازجمله تغییر استفاده از سوبسترا، تغییر در فراخوانی نوع تار عضلانی (افزایش فراخوانی واحدهای حرکتی نوع I یا II) (۲)، افزایش دمای عضلانی و اسیدوز سوخت‌وسازی (۴) ارتباط داشته باشد. در بین این عوامل، به نظر می‌رسد عوامل عضلانی وابستگی بیشتری داشته باشند، زیرا پژوهشگران بیان کرده‌اند که ۸۶ درصد مؤلفه آهسته از عضلات فعال ناشی می‌شود (۵) و در تأیید این موضوع پژوهش‌های بسیاری همبستگی معکوس بین درصد تار نوع I و مؤلفه آهسته را نشان داده‌اند (۱،۶). برای مثال، کارتر نشان داد که کاهش فراخوانی تارهای عضلانی نوع II و افزایش اتکا به تارهای نوع I به افزایش اولیه در اکسیژن مصرفی و کاهش در مؤلفه آهسته اکسیژن مصرفی مربوط است (۶). همچنین در پژوهش‌ها بر ارتباط قوی بین میزان مؤلفه آهسته اکسیژن مصرفی و تغییرات عوامل قلبی ـ تنفسی بین دقایق سه و شش تأکید کرده‌اند (۵،۷). نتایج این پژوهش‌ها نشان داد که افزایش میزان تهویه در طول فعالیت (افزایش تواتر تنفسی و کار عضلات تنفسی) با افزایش هزینه اکسیژن مصرفی ارتباط پیدا می‌کند و از تعیین‌کننده‌های اصلی مولفه آهسته قلمداد می‌شود (۸). این موضوع با توجه به اینکه در حین تمرین ۲۰درصد از مؤلفه آهسته اکسیژن مصرفی در عضلات تنفسی مصرف می‌شود منطقی به نظر می‌رسد (۹). توماس و همکارانش نیز در بررسی تأثیر پنج کیلومتر دویدن بر اکسیژن مصرفی مرحله یک‌نواخت، ارتباط معناداری بین تهویه با اکسیژن مصرفی نشان دادند (۱۰). برنارد گزارش کرد که تغییرات ضربان قلب، ۱۵-۱۰درصد کل مؤلفه آهسته را تشکیل می‌دهد (۱۱). بنابراین، تغییرات ضربان قلب نیز می‌تواند از عواملی باشد که با تغییرات مؤلفه آهسته ارتباط پیدا می‌کند.

ازطرف دیگر، برخی مطالعات نیز بالاتربودن اکسیژن مصرفی در دقیقه ۳ تمرین را عامل تغییر در مؤلفه آهسته دانسته‌اند و بیان کرده‌اند که افزایش اکسیژن دردسترس طی مؤلفه سریع در کاهش مؤلفه آهسته مؤثر است.

بنابراین، کسر اکسیژن ممکن است مستقیماً به مرحله یک‌نواخت اکسیژن مصرفی (مؤلفه آهسته) پیوند یابد، به‌این‌معنی که اگر مرحله یک‌نواخت سریع‌تر به‌دست آید، کسر اکسیژن بسیار کاهش می‌یابد (۱۲). کاهش در کسر اکسیژن (افزایش دامنه مؤلفه سریع) با کاهش مؤلفه آهسته توأم می‌شود (۱). بنابراین، کاهش ثابت‌های زمانی[1] در نمودار پویایی اکسیژن مصرفی و درنتیجه کاهش کسر اکسیژن می‌تواند با کاهش اکسیژن مصرفی همراه شود. به‌هرحال، برخی دیگر از پژوهش‌ها نشان دادند که بهبود مؤلفه آهسته بدون تغییر در مؤلفه سریع صورت می‌گیرد و افزایش دمای بدن یا عضله، کار عضلات قلبی و تنفسی و افزایش تحریک سوخت‌وساز به‌علت افزایش لاکتات، غلظت کاتکولامین‌ها و فراخوانی تار تندانقباض را از عوامل مؤثر بر تغییر مؤلفه آهسته پیشنهاد کردند (۱۳). با توجه به اینکه این عوامل به فعالیت‌های ورزشی وابسته هستند، به نظر می‌رسد تمرینات مقدماتی (گرم‌کردن) نیز، به‌ویژه ازطریق تغییر برانگیختگی عصبی ـ عضلانی و تأثیر بر متغیرهای قلبی ـ تنفسی، باعث تغییر پویایی اکسیژن مصرفی و اجرای فعالیت ورزشی نسبتاً طولانی‌مدت می‌شود (۷). درحقیقت، گرم‌کردن قبل از فعالیت، باعث کاهش اختلالات سوخت‌وسازی ازطریق افزایش دمای بدن می‌شود که ممکن است عامل تعدیل‌کننده اکسیژن مصرفی کل بدن باشد (۱۴). کوگا نیز نشان داد که افزایش دمای عضله اگرچه تأثیری بر پاسخ اکسیژن مصرفی اولیه نداشت، اما باعث کاهش معناداری در مؤلفه آهسته اکسیژن مصرفی شد (۱۵). ازجمله آثار مفید گرم‌کردن، تأثیر آن بر شاخص‌های تنفسی است (۷).

با وجود فعالیت‌ها و روش‌های متنوعی که برای گرم‌کردن به کار می‌رود، اما معمولاً اکثر ورزشکاران مبتدی و نخبه حرکات کششی را به منزله بخشی از برنامه گرم‌کردن قبل از فعالیت اصلی به‌منظور افزایش جریان خون، تمرکز و هماهنگی (۱۶)، افزایش انعطاف‌پذیری و دامنه حرکتی، کاهش سفتی عضله، جلوگیری از آسیب و بهبود اجرا، به‌کار می‌برند (۱۷،۱۶). بااین‌حال به تأثیر حرکات کششی در برنامه گرم‌کردن بر کارآیی تنفسی در مرحله آهسته کمتر توجه شده است. درمجموع، با وجود پژوهش‌هایی که تأثیر شدت گرم‌کردن را بر مؤلفه آهسته نشان می‌دهند، پژوهشی که نقش کشش بر پویایی اکسیژن مصرفی را هدف توجه قرار داده باشد، صورت نگرفته است. اما پژوهش‌هایی وجود دارند که به بررسی تأثیر حرکات کششی بر اقتصاد دویدن (هزینه اکسیژن مصرفی حالت یک‌نواخت) پرداخته‌اند که نتایج متناقضی را نشان می‌دهند (۲۲،۲۱،۲۰،۱۹،۱۸،۱۷،۱۶). بنابراین، با وجود اهمیت و ضرورت بررسی عوامل مؤثر بر مؤلفه آهسته اکسیژن مصرفی، تأثیر حرکات کششی بر مؤلفه آهسته اکسیژن مصرفی و متغیرهای قلبی ـ تنفسی به دلیل محدود و متناقض‌بودن پژوهش‌ها در این زمینه هنوز کاملاً تأیید نشده است. با توجه به یافته‌های پژوهش قبلی ما (۲۳)، که افزایش معنادار در اکسیژن مصرفی و تهویه ریوی بعد از کشش ایستا را نشان داد، به نظر می‌رسد ارتباطی بین عوامل قلبی–تنفسی با مؤلفه آهسته وجود داشته باشد، اما در این خصوص مطالعه‌ای صورت نگرفته است. پژوهش حاضر با طرح این سؤال که چه ارتباطی بین تغییرات متغیرهای قلبی– تنفسی با مؤلفه آهسته اکسیژن مصرفی فعالیت زیربیشینه وجود دارد

۱. ثابت زمانی ۱(τ_1)، زمان رسیدن به ۶۳% کل اکسیژن مصرفی، ثابت زمانی ۲ (τ_2)، زمان رسیدن به ۸۶% کل اکسیژن مصرفی و ثابت زمانی۳ (τ_3)، زمان رسیدن به ۹۵% اکسیژن مصرفی (۱).

و چقدر از تغییرات ایجادشده در مؤلفه آهسته اکسیژن مصرفی به دنبال کشش، مربوط به تغییرات عوامل قلبی ـ تنفسی و سوخت‌وسازی است، مطالعه شد. بنابراین، هدف پژوهش حاضر، تعیین ارتباط تغییرات برخی متغیرهای قلبی–تنفسی با مؤلفه آهسته پویایی اکسیژن مصرفی به‌منظور روشن‌شدن عوامل فیزیولوژیایی مؤثر بر مؤلفه آهسته بود.

روش‌شناسی

پژوهش حاضر با روش نیمه‌تجربی و طرح درون‌گروهی با آزمون تکراری انجام گرفت که در آن یک گروه آزمایشی (۱۶ نفر) درمعرض متغیرهای مستقل به صورت متقاطع (Cross Over design) در سه روز مختلف قرار گرفتند.

۱۶ دانشجوی زن رشته تربیت‌بدنی دانشگاه خوارزمی در سال ۱۳۹۰، با میانگین سنی ۱/۶۲±۲۳/۸۷، میانگین وزن ۷/۸۴±۵۷/۲۰ کیلوگرم، میانگین قد۶/۲۳±۱۶۳/۴۶ سانتی‌متر، درصد چربی۲/۷۰± ۲۳/۹۶، شاخص توده بدنی ۲/۰۴ ± ۲۱/۳۸ کیلوگرم بر مترمربع و حداکثر اکسیژن مصرفی۳/۴۱±۴۲/۱۵ میلی‌لیتر بر کیلوگرم بر دقیقه که به طور متوسط هفته‌ای ۱۰/۵ ساعت فعالیت ورزشی متنوع شامل: پیاده‌روی، دویدن، شنا، فعالیت موزون، والیبال، بدمینتون، بسکتبال، هندبال و... داشتند، داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند.

برای اجرای تحقیق، ابتدا در یک جلسه جداگانه هدف پژوهش و نحوه اجرای آن برای آزمودنی‌ها شرح داده شد و پس از پرکردن پرسش‌نامه سلامت عمومی (محقق‌ساخته) و امضای رضایت‌نامه، هریک از آزمودنی‌ها چهارجلسه جداگانه به آزمایشگاه آمدند. در جلسه اول قد به‌وسیله قدسنج[1] و وزن، درصد چربی و شاخص توده بدن آزمودنی‌ها با استفاده از دستگاه سنجش ترکیب بدن[2] اندازه‌گیری شد و تمام آزمودنی‌ها آزمون فزاینده را تا حد واماندگی برای تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی و آستانه لاکتات روی نوارگردان[3] انجام دادند. برای سنجش VO_2max و دیگر گازهای متابولیکی از دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی[4] استفاده شد. پروتکل اندازه‌گیری VO_2max به‌صورت دویدن روی نوارگردان، ابتدا با سرعت ۶ کیلومتر بر ساعت به مدت ۳ دقیقه و سپس افزایش سرعت به میزان یک کیلومتر بر ساعت به‌ازای هر دقیقه تا رسیدن به درماندگی بود (با توجه به استفاده از این پروتکل در برخی منابع (۲۴،۷)). از طرفی، رسیدن منحنی اکسیژن مصرفی به سطح یک‌نواخت، رسیدن به ضربان قلب بیشینه پیش‌بینی‌شده براساس سن و نسبت تبادل تنفسی بیشتر از ۱/۱، مقیاس‌های معتبری بودند (۲۵) که نشان می‌دادند اکسیژن مصرفی به حد نزدیک به بیشینه رسیده است. سپس آزمودنی‌ها در سه جلسه جداگانه، سه پروتکل کشش ایستا، کشش پویا و بدون کشش را قبل از فعالیت زیربیشینه، که شامل ۶ دقیقه دویدن روی نوارگردان با شدت ۷۰٪ حداکثر اکسیژن مصرفی بود، انجام دادند. در هرجلسه آزمودنی‌ها بعد از ۵ دقیقه گرم‌کردن روی نوارگردان با سرعت ۴/۸ کیلومتر (۱۶)، حرکات مربوط را (کشش ایستا، کشش پویا یا کنترل (غیرفعال)) اجرا می‌کردند و درنهایت بعد از سه دقیقه استراحت (نصب ماسک و ambient

1. Seca
2. Body Composition Analyzer (X Pluse ,Korea)
3. Technogym, Med,(Italy)
4. Gas Analayzer (Cortex–Metalayzer 3B, Germany)

دستگاه) (۱۷)، آزمون مورد نظر، که ۶ دقیقه دویدن روی نوارگردان با سرعت ۷۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی بود، اجرا می‌شد. این شدت با توجه به استفاده در برخی منابع (۱۷)، به منزله شدت زیربیشینه برای دویدن و اطمینان از رسیدن به حالت یک‌نواخت و مدت ۶ دقیقه نیز با توجه به استفاده در برخی منابع (۲۶،۷) و مطالعه راهنما (پایلوت) جهت اطمینان از رسیدن به حالت یک‌نواخت (قبل از حداکثر ۳/۵ دقیقه) و نیز کاهش تأثیر خستگی ناشی از طولانی‌ترشدن مدت آزمون بر نتایج پژوهش، انتخاب شد. آزمون روی نوارگردان متصل به دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی اجرا شد. شاخص‌های تنفسی در تمام مراحل آزمون جمع‌آوری شد. ضربان قلب نیز با استفاده از ضربان‌سنج پولار اندازه‌گیری شد. درنهایت، با توجه به اینکه مرحله یک‌نواخت فعالیت زیربیشینه معمولاً بعد از ۲ تا ۳ دقیقه از شروع فعالیت حاصل می‌شود (۱) و نیز با توجه به نتایج حاصل از مطالعه راهنما (پایلوت) و نیز منبعی که در این خصوص وجود داشت (۱۶)، دو دقیقه آخر فعالیت، مرحله یک‌نواخت فعالیت در نظر گرفته شد و برای تغییر هرمتغیر، اختلاف بین میانگین داده‌های این دو دقیقه و حالت پایه (۳۰ ثانیه قبل از شروع دویدن) ثبت شد و ثابت‌های زمانی (ثابت زمانی ۱(τ_1)، زمان رسیدن به ۶۳درصد کل اکسیژن مصرفی، ثابت زمانی ۲ (τ_2)، زمان رسیدن به ۸۶درصد کل اکسیژن مصرفی و ثابت زمانی۳ (τ_3)، زمان رسیدن به ۹۵درصد اکسیژن مصرفی (۱)) از روی نمودار پویایی اکسیژن مصرفی محاسبه شد. بین هرنوبت آزمون ۲۴ ساعت فاصله بود تا اثر تمرین قبلی از بین برود و از آزمودنی‌ها خواسته شده بود که در این مدت از فعالیت بدنی خودداری کنند (۱۹،۱۶) و قبل از آزمون از مصرف غذاهای چرب، پرکربوهیدرات، گوشتی غیرمعمول و کافئین و هرگونه دارو و مکمل اجتناب کنند. در هر روز، زمان مشابهی با روزهای قبل برای هرآزمودنی به منظور کاهش اثرات تغییر شبانه‌روزی در نظر گرفته شده بود و هیچ‌کدام از آزمودنی‌ها در مرحله خون‌ریزی قاعدگی قرار نداشتند.

پروتکل کشش: کشش ایستا شامل پنج حرکت روی گروه عضلات اصلی دویدن: چهارسر، همسترینگ، خم‌کننده‌های ران، بازکننده‌های ران و عضلات پلانتار فلکسور بود (۲۷). هر حرکت در کشش ایستا ۳۰ ثانیه طول می‌کشید (کشش تا نقطه ملایمی از درد (ناراحتی)) (۲۷،۱۹) و در دو نوبت اجرا می‌شد. در هر حرکت ابتدا پای راست و سپس پای چپ کشش داده می‌شد و بعد حرکت دوم اجرا می‌شد و بعد از اتمام هر پنج حرکت، نوبت دوم به همان ترتیب نوبت اول اجرا می‌شد (۱۹). کشش پویا نیز روی همان گروه عضلات و به همان ترتیب، در پنج حرکت، هرکدام با ۱۵ تکرار در مدت ۳۰ ثانیه (۲۷) و درقالب دو نوبت اجرا می‌شد و سرعت حرکت و تعداد آنها به‌وسیله مترونوم کنترل می‌شد. گروه کنترل نیز به همان مدتی که دو گروه دیگر حرکات کششی را اجرا می‌کردند، غیرفعال می‌نشستند. در کل، روند کشش۱۰دقیقه (به‌علاوه ۲ دقیقه زمان صرف‌شده برای تعویض اندام و تبدیل از یک حرکت به حرکت بعدی) بود و درنهایت ۳ دقیقه پس از اتمام کشش آزمون اجرا می‌شد.

برای تحقیق آماری، نرمال‌بودن داده‌ها با استفاده از آزمون آماری کلموگراف – اسمیرنوف تأیید و میانگین و انحراف استاندارد متغیرها ارائه شد. ابتدا برای تأیید تأثیر کشش بر مؤلفه آهسته اکسیژن مصرفی از آزمون

تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری (repeated measures ANOVA) و آزمون تعقیبی LSD استفاده شـد. برای بررسـی میزان همبسـتگی بین تغییرات تهویه دقیقه ای، حجم جاری، تواتر تنفس، ضـربان قلب و ثابت‌های زمانی با مؤلفه آهسـته اکسـیژن مصرفی از روش رگرسیون چندمتغیره استفاده شد. عملیات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 انجام شد و سطح معناداری آزمون‌ها کمتر از ۰/۰۵ در نظرگرفته شد.

یافته‌ها

نتایج پیش‌فرض پژوهش درباب مقادیر مربوط به اکسیژن مصرفی و متغیرهای تحت بررسی (درحالت پایه، یک‌نواخت و تغییرات آنها) در جدول ۱ و نتایج آزمون همبستگی در جدول ۲ و ۳ ارائه شده است.

جدول ۱. نتایج متغیرهای پژوهش

		کنترل M ± SD	کشش ایستا M ± SD	کشش پویا M ± SD	سطح معناداری
مولفه آهسته	(L/min) VO_2	۱/۸۵±۰/۲۸۵	* ۱/۹۰±۰/۲۴۵	۱/۸۸±۰/۲۴۸	۰/۰۴۱
مولفه سریع	(s) τ_1	۶۰/۶۲ ± ۸/۴۵	۶۸ ± ۱۳/۸۶	۶۰/۱۸ ± ۷ /۹۶	۰/۰۵۵
	(s) τ_2	۹۷/۱۲ ± ۱۶/۱۲	۱۰۴/۰۶ ± ۱۶/۰۲	۹۷ ±۱۱/ ۳۰	۰/۲۱۳
	(s) τ_3	۱۵۱/۷۵ ± ۲۷/۹۴	۱۵۸/۵۶ ± ۲۵/۱۷	۱۴۱/۸۱ ± ۲۳/۶۵	۰/۱۶۲
حالت پایه	(L/min) V_E	۱۴/۹۳±۳/۰۴	۱۵/۳۷±۴/۸۴	۱۷/۵۹±۳/۴۵	۰/۰۹۴
	(L) Tv	۰/۵۲±۰/۱۲	۰/۵۱±۰/۱۳	۰/۵۵±۰/۰۹۸	۰/۴۱۳
	(breaths/ min) F_b	۲۵/۳۶±۷/۱۸	۲۶/۲۳±۵/۲۱	۲۶/۹۵±۴/۶۹	۰/۶۸۱
	(bpm) HR	۸۹/۰۶±۹/۱۴	۹۴/۱۸±۶/۷۰	۹۷/۱۲±۱۲/۴۱	۰/۰۶۰
حالت یکنواخت	(L/min) V_E	۶۷/۲۵ ±۱۰/۲۸	* ۷۰/۰۶ ±۱۰/۸۰	* ۷۰/۳۳ ± ۱۰/۶۴	۰/۰۳۳
	(L) Tv	۱/۵۲۶ ±۰/۲۵	۱/۵۰۳ ± ۰/۲۳	۱/۵۰۶ ± ۰ /۲۴	۰/۶۹۴
	(breaths/ min) F_b	۴۶/۶۷ ± ۷/۶۶	۴۷/۳۵ ± ۷ /۸۳	۴۷/۵۹ ± ۷/۴۱	۰/۷۰۸
	(bpm) HR	۱۶۹/۰۴±۱۵/۲۹	۱۶۹/۲۸ ± ۱۰/۵۱	۱۷۰/۴۳ ± ۱۱/۱۴	۰/۵۷۴
تغییرات (اختلاف حالت یکنواخت و پایه)	(L/min) V_E	۵۲/۱۹±۹/۲۷	۵۴/۳۱±۱۱/۸۹	۵۲/۷۵±۱۰/۱۲	۰/۵۲۴
	(L) Tv	۱ ±۰/۲۴	۰/۹۹ ±۰/۲۲	۰/۹۵ ±۰/۲۰	۰/۴۱۷
	(breaths/ min) F_b	۲۱/۳۵±۵/۳۸	۲۱/۱۶±۹/۲۹	۲۰/۷۵ ± ۶/۳۰	۰/۹۵۲
	(bpm) HR	۸۱/۰۱±۱۶/۳۲	۷۵/۰۹±۱۱/۹۸	۷۳/۳۱±۱۶/۴۷	۰/۱۶۷

* تفاوت معنادار با گروه کنترل

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، افزایش معناداری در اکسیژن مصرفی طی فعالیت زیربیشینه بعد از کشش ایستا نسبت به کنترل وجود داشت (کاهش مؤلفه آهسته) (P=۰/۰۳۱)، درحالی‌که، بعد از کشش پویا (p=۰/۱۵۴) تغییر معناداری یافت نشد. تهویه ریوی نیز به‌طور معناداری در هر دو وضعیت کشش ایستا (p=۰/۰۲۸) و پویا (p=۰/۰۴۴) نسبت به کنترل افزایش یافت. این یافته‌ها پیش‌فرض پژوهش را تأیید کرد که

حرکات کششی می‌تواند مؤلفه آهسته اکسیژن مصرفی را تحت تأثیر قرار دهد. نتایج آزمون رگرسیون، همبستگی مثبت بین متغیرهای پژوهش با اکسیژن مصرفی مؤلفه آهسته را نشان داد، که تهویه ریوی بالاترین همبستگی را با اکسیژن مصرفی مؤلفه آهسته داشت.

جدول ۲. نتایج همبستگی بین متغیرهای پژوهش درحالت یکنواخت

		گروه کنترل		گروه ایستا		گروه پویا		بدون درنظر گرفتن کشش	
		میزان همبستگی	سطح معناداری	میزان همبستگی	سطح معناداری	میزان همبستگی	سطح معناداری	میزان همبستگی	سطح معناداری
اکسیژن مصرفی در مولفه آهسته	تهویه ریوی	۰/۷۶ *	۰/۰۰۱	۰/۷۲ *	۰/۰۰۲	۰/۷۰ *	۰/۰۰۳	۰/۷۲۸ *	۰/۰۰۱
	تواتر تنفسی	۰/۴۵	۰/۰۷۷	۰/۴۰	۰/۱۱۷	۰/۴۱	۰/۱۱۱	۰/۴۲۷ *	۰/۰۰۲
	حجم جاری	۰/۸۳۴ *	۰/۰۰۱	۰/۷۹۸ *	۰/۰۰۱	۰/۸۳۱ *	۰/۰۰۱	۰/۸۱۶ *	۰/۰۰۱
	ضربان قلب	۰/۳۶	۰/۱۶۸	۰/۳۸	۰/۱۴۰	۰/۴۳	۰/۰۹۵	۰/۳۸۶ *	۰/۰۰۷

*همبستگی معنادار

جدول ۳. نتایج همبستگی بین تغییرات متغیرهای پژوهش

		گروه کنترل		گروه ایستا		گروه پویا		بدون در نظر گرفتن کشش	
		میزان همبستگی	سطح معناداری	میزان همبستگی	سطح معناداری	میزان همبستگی	سطح معناداری	میزان همبستگی	سطح معناداری
اکسیژن مصرفی در مولفه آهسته	تهویه ریوی	۰/۷۰ *	۰/۰۰۳	۰/۸۰ *	۰/۰۰۱	۰/۸۱ *	۰/۰۰۱	۰/۷۶۳ *	۰/۰۰۱
	تواتر تنفسی	۰/۵۰ *	۰/۰۴۷	۰/۴۹ *	۰/۰۵	۰/۵۳ *	۰/۰۳۳	۰/۴۸۵ *	۰/۰۰۱
	حجم جاری	۰/۶۶ *	۰/۰۰۵	۰/۷۴ *	۰/۰۰۱	۰/۶۵ *	۰/۰۰۶	۰/۶۷۸ *	۰/۰۰۱
	ضربان قلب	۰/۴۱	۰/۱۰۶	۰/۴۳	۰/۰۹۶	۰/۴۷	۰/۰۶۱	۰/۴۱۳ *	۰/۰۰۳
	ثابت زمانی ۱	۰/۵۳ *	۰/۰۳۳	۰/۵۴ *	۰/۰۳۰	۰/۵۰ *	۰/۰۴۸	۰/۴۹۷ *	۰/۰۰۱
	ثابت زمانی ۲	۰/۵۰ *	۰/۰۴۴	۰/۵۷ *	۰/۰۲۱	۰/۵۲ *	۰/۰۳۵	۰/۵۲۹ *	۰/۰۰۱
	ثابت زمانی ۳	۰/۴۷	۰/۰۶۶	۰/۵۰ *	۰/۰۴۹	۰/۵۲ *	۰/۰۳۹	۰/۴۶۲ *	۰/۰۰۱

*همبستگی معنادار

بحث و نتیجه‌گیری

یافته پژوهش این پیش‌فرض را تأیید کرد که اکسیژن مصرفی حالت یک‌نواخت فعالیت زیربیشینه (مؤلفه آهسته) بعد از کشش ایستا را افزایش می‌دهد. شاید یکی از سازوکارهای احتمالی در توجیه افزایش اکسیژن مصرفی بعد از کشش ایستا، فراخوانی بیشتر واحدهای حرکتی و کاهش سفتی و درنتیجه کاهش ذخایر و آزادسازی انرژی الاستیک و افزایش فعالیت عضلات ثابت‌کننده لگن برای جلوگیری از حرکات اضافی، به دنبال اجرای کشش ایستا و افزایش انعطاف حاصل از آن باشد. درواقع، احتمال دارد که کاهش در سفتی تاندون ـ عضله بعد از کشش ایستا باعث به‌کارگیری تعداد واحدهای حرکتی بیشتر برای انجام کار یکسان شود. این عامل باعث افزایش هزینه انرژی و خستگی زودرس، افزایش مؤلفه آهسته اکسیژن مصرفی و درنتیجه کاهش اقتصاد دویدن می‌شود (۲۱). افزایش معنادار مؤلفه آهسته بعد از کشش ایستا در این پژوهش ممکن است به دلیل فراخوانی بیشتر واحدهای حرکتی تندانقباض باشد. زیرا شواهد نشان می‌دهد سوخت‌وساز اکسیداتیو در تارهای نوع ۲ نسبت به نوع ۱ کمتر است، بنابراین فراخوانی بیشتر این تارها در ادامه فعالیت مسئول گسترش دامنه مؤلفه آهسته اکسیژن مصرفی است (۴). به‌هرحال، با توجه به نتایج پژوهش حاضر، کشش ایستا با افزایش معنادار در تهویه ریوی باعث افزایش اکسیژن مصرفی شده است. نتایج پژوهش حاضر، همبستگی بالا و معنادار بین تهویه ریوی با مؤلفه آهسته اکسیژن مصرفی را نشان داد. براساس این یافته، یکی از دلایل فیزیولوژیکی افزایش اکسیژن مصرفی طی فعالیت را می‌توان افزایش میزان تهویه ریوی دانست. این نتیجه با یافته پژوهش‌های پول (۵)، رضایی‌نژاد (۷)، توماس(۱۰) و زولادز (۴) هم‌خوانی دارد. البته در پژوهش‌های پول و رضایی‌نژاد ارتباط بین مؤلفه آهسته با تغییرات تهویه بین دقایق ۳ و ۶ تمرین گرفته شده است. این پژوهش‌ها تغییر در تهویه ریوی را میانجی مهمی در بررسی تغییرات مؤلفه آهسته دانسته‌اند. برای مثال نشان داده‌اند که کاهش در میزان تهویه (۱۱۰ میلی لیتر) باعث کاهش ۲۱درصد در مؤلفه آهسته اکسیژن مصرفی می‌شود (۴). کاهش تهویه ممکن است به علت تأثیر بر کاهش ویسکوزیته عضله و درنتیجه بهبود اقتصاد حرکتی و کارآیی مکانیکی باشد. افزایش میزان تهویه نیز باعث افزایش کار عضله قلبی ازطریق افزایش نیازهای سوخت‌وسازی عضلات تنفسی می‌شود (۱) و نشان داده شده است که کار تهویه حدود ۶ تا ۷ درصد از هزینه انرژی فعالیت را شامل می‌شود (۲۸). بنابراین، افزایش میزان تهویه در طول فعالیت (افزایش حجم جاری، تواتر تنفسی و کار عضلات تنفسی) باعث افزایش هزینه اکسیژن مصرفی می‌شود و از تعیین‌کننده‌های اصلی مؤلفه آهسته است (۸). هنگام اجرای فعالیت ورزشی با شدت کم، تهویه اغلب ازطریق زیادشدن حجم جاری افزایش می‌یابد، درحالی‌که با افزایش شدت فعالیت، سرعت تنفس (تعداد تنفس) نقش مهم‌تری را برعهده دارد (۲۵). همبستگی بالاتر حجم جاری در این پژوهش نیز نشان می‌دهد که افزایش حجم جاری در افزایش تهویه مؤثرتر بوده و تغییرات حجم جاری نسبت به تغییرات تواتر تنفسی، ارتباط بیشتری با افزایش اکسیژن مصرفی مؤلفه آهسته دارد. به‌هرحال، با توجه به نتایج پژوهش‌های گذشته (۱۱،۷) و پژوهش حاضر، که بین میزان ضربان قلب، تواتر تنفسی و حجم جاری با مؤلفه آهسته ارتباط مثبتی نشان داد، می‌توان گفت افزایش این عوامل طی فعالیت نیز از دیگر

عوامل مؤثر بر افزایش مؤلفه آهسته است. تصور می‌شود افزایش اولیه تهویه، نتیجه فرمان عصبی و نیز بازخورد گیرنده‌های عمقی عضلات اسکلتی فعال و مفاصل و آثار افزایش غلظت‌های یون پتاسیم و افزایش تدریجی دومین مرحله تهویه به علت تغییرات دما و حالت شیمیایی خون سرخرگی باشد (۲۹)؛ زیرا همچنان‌که فعالیت ورزشی پیش می‌رود، افزایش متابولیسم عضلات به تولید حرارت، دی اکسیدکربن و یون هیدروژن بیشتر منجر می‌شود. تمام این مواد تخلیه اکسیژن را در عضلات زیاد می‌کند و تفاوت اکسیژن خون سرخرگی و سیاهرگی را افزایش می‌دهد. دی‌اکسیدکربن بیشتری نیز وارد خون می‌شود، که میزان دی‌اکسیدکربن و یون هیدروژن خون را زیاد می‌کند. حساسیت گیرنده‌های شیمیایی نسبت به این حالت ازطریق تحریک مرکز دمی انجام می‌گیرد و دفعات و عمق تنفس (تهویه) را نیز افزایش می‌دهد (۲۹). بنابراین، شاید کشش ازطریق تأثیر بر میزان لاکتات خون نیز باعث افزایش تهویه و درنتیجه اکسیژن مصرفی شده باشد که برای روشن‌شدن این موضوع پژوهش‌های بیشتری لازم است.

ازطرفی، با وجود اینکه در پژوهش حاضر، تفاوت معناداری در هیچ کدام از ثابت‌های زمانی ۱، ۲ و ۳ بین سه وضعیت (کشش ایستا، کشش پویا و کنترل) به دست نیامد، هر سه ثابت زمانی در کشش پویا نسبت به ایستا و کنترل، کمتر و ثابت‌های زمانی در کشش ایستا، از کشش پویا و کنترل بیشتر بود. بنابراین، کشش ایستا با توجه به افزایشی که در تهویه ریوی و میانگین ثابت‌های زمانی و درنتیجه کسر اکسیژن ایجاد کرده است، می‌تواند باعث افزایش هزینه انرژی (افزایش مؤلفه آهسته) شده باشد. کاهش ثابت‌های زمانی به معنی کاهش کسر اکسیژن و افزایش پویایی اکسیژن مصرفی است. این اثر ممکن است باعث افزایش تحمل تمرین شود، زیرا کاهش کسر اکسیژن با کاهش سطح سوبسترای فسفوریلاسیون و تجمع متابولیت‌ها مرتبط است (۳۰). ارتباط مثبت و معنادار ثابت‌های زمانی با مؤلفه آهسته در پژوهش حاضر، تاحدودی این موضوع را تأیید می‌کند که کاهش در کسر اکسیژن (افزایش دامنه مؤلفه سریع) با کاهش مؤلفه آهسته مرتبط است (۱). پژوهش‌های بسیاری وجود دارند که نشان می‌دهند گرم‌کردن سبب کاهش زمان رسیدن به حالت یک‌نواخت اکسیژن مصرفی و سریع‌ترشدن پویایی اکسیژن و کاهش کسر اکسیژن ازطریق افزایش جریان خون و افزایش اکسیژن دردسترس می‌شود (۳۱). ازجمله اثرات گرم‌کردن بر شتاب پویایی اکسیژن مصرفی، انبساط عروقی، بهبود جریان خون، انحراف منحنی تجزیه اکسی هموگلوبین به راست، بهبود جداشدن اکسیژن از هموگلوبین و افزایش انتشار اکسیژن بین مویرگ‌های خونی و میتوکندری طی مؤلفه آهسته است (۷،۳۱). افزایش اکسیژن دردسترس در شروع فعالیت درنتیجه گرم‌کردن، باعث ثبات سریع‌تر محیط درون‌سلولی و کنترل متابولیکی به نحو بهتری می‌شود (۷). گرم‌کردن همچنین دامنه تخلیه فسفوکراتین طی فعالیت را کاهش می‌دهد و باعث افزایش کارآیی مکانیکی عضلات فعال به دنبال افزایش دمای عضلات می‌شود (۳۱). سازگاری‌های مطلوب تمرینات مقدماتی (گرم‌کردن) بر پویایی اکسیژن مصرفی و کاهش مؤلفه آهسته هنوز کاملاً مشخص نشده است، ولی گفته‌اند تجمع محصولات فرعی ازجمله اسید لاکتیک (تحریک اسیدوز متابولیکی) و نیز افزایش جریان خون عضله موجب افزایش دسترسی آسان عضلات به اکسیژن می‌شود (۳۲). شاید بتوان پایین‌تربودن میانگین

ثابت‌های زمانی در کشش پویا نسبت به کنترل و کشش ایستا را به دلایل گفته‌شده و درنتیجه اثر مثبت کشش پویا در مقایسه با ایستا نسبت داد. البته برای تأیید این موضوع، پژوهش‌های بیشتری لازم است. افزایش دمای عضله فعال نیز ممکن است در کاهش مؤلفه آهسته توسط اثر Q_{10} (اثر افزایشی روی واکنش آنزیم‌های کاتالاز) بر متابولیسم عضله یا با کاهش کارآیی فسفوریلاسیون سهیم باشد (۱،۳۳). به‌هرحال هنوز علت اثر افزایش دما بر کاهش مؤلفه آهسته به طور کامل مشخص نیست.

نتیجه این پژوهش درباره تأثیر کشش به مثابه یکی از عوامل مؤثر بر مؤلفه آهسته، با یافته‌های نلسون (۲۰) و ویلسون (۲۱) که در اکسیژن مصرفی بعد از کشش ایستا افزایش داشتند، مشابه است. درمقابل، این نتیجه با نتایج پژوهش گادجس (۱۸)، که کاهش اکسیژن مصرفی بعد از کشش ایستا را نشان داد، و نیز پژوهش‌های آلیسون (۱۷)، زیمر (۱۶)، هایس (۱۹) و موجوک (۲۲) که هیچ‌گونه اثر مفید یا مضر بر اکسیژن مصرفی حالت یکنواخت گزارش نکردند، هم‌خوانی ندارد. نتایج پژوهش حاضر درباره تأثیر کشش پویا بر اکسیژن مصرفی نیز با نتایج حاصل از پژوهش‌های زیمر (۱۶) و هایس (۱۹) هم‌خوانی دارد. عواملی ازجمله جنس، تعداد و سطح آمادگی آزمودنی‌ها، مرحله گرم‌کردن قبل از حرکات کششی، نوع، شدت و مدت آزمون و پروتکل و مدت‌زمان کشش می‌تواند از دلایل تفاوت در نتایج این پژوهش‌ها باشد. برای مثال، در اکثر پژوهش‌ها (۲۲،۲۱،۱۹،۱۷) از آزمودنی‌های دونده استفاده شده است، درحالی‌که آزمودنی‌های این پژوهش را زنان فعال که دونده نبودند تشکیل دادند. ازطرفی، تفاوت های وابسته به جنس نیز در هزینه انرژی بین آزمودنی‌های تمرین‌کرده و تمرین‌نکرده وجود دارد (۳۴). درنتیجه، ازآنجاکه سفتی متغیر اصلی است که تحت تأثیر کشش قرار می‌گیرد، این امکان وجود دارد که پاسخ‌های کشش بر عملکرد زنان و مردان متفاوت باشد (۲۱). نوع حرکات کششی و عضلات درگیر در کشش نیز می‌تواند بر نتایج آزمون مؤثر باشد، زیرا پژوهش‌ها نشان می‌دهند که بین سفتی در عضلات ثابت‌کننده لگن و قسمت پایینی تنه، عضلات ناحیه ساق و اطراف قوزک پا و مفصل ران با هزینه انرژی ارتباط وجود دارد (۳۴،۳۵). بنابراین، کشش عضلات مختلف می‌تواند نتایج متفاوتی در هزینه انرژی و اقتصاد دویدن داشته باشد. به‌طور خلاصه، می‌توان گفت کشش ایستا با توجه به افزایشی که در تهویه ریوی و میانگین ثابت‌های زمانی و درنتیجه کسر اکسیژن ایجاد می‌کند، می‌تواند باعث افزایش مؤلفه آهسته و هزینه انرژی شود. ارتباط مثبت و معنادار متغیرهای قلبی تنفسی تحت بررسی با مؤلفه آهسته اکسیژن مصرفی تا حدودی این موضوع را تأیید می‌کند.

نتیجه‌گیری

درنتیجه می‌توان گفت بخشی از تغییرات در مؤلفه آهسته به دنبال کشش، به عوامل قلبی تنفسی وابسته است و ازطرفی با توجه به اثر منفی کشش ایستا توصیه می‌شود از کشش ایستا در برنامه گرم‌کردن قبل از فعالیت زیربیشینه استفاده نشود. با وجود این، اگرچه نتایج این پژوهش به روشن‌شدن اثرات کشش قبل از تمرین زیربیشینه کمک می‌کند، برای روشن‌شدن دقیق‌تر این اثر، باید سازوکار مختلف و پروتکل‌های کششی متفاوت بررسی شوند.

منابع

1.Jones,A.M.,Poole,D.C (2005). Oxygen uptake kinetics in Sport, Exercise and Medicine. London and New York, Routledge.

2. Fred, J., DiMenna,D.P., Burnley, M.W., Andrew, M.J (2008). Influence of priming exercise on pulmonary o2 uptake kinetics during transitions to high-intensity exercise from an elevated baseline. J Appl Physiol, (105): 538-546.

3. Paterson, N.D., Kowalchuk, J.M., Paterson, D.H (2005). Effects of prior heavyintensity exercise during single-leg knee extension on vo2 kinetics and limb blood flow. J Appl Physiol, (99): 1462-1470.

4. Zoladz,J.A., Korzeniewski, B (2001). Physiological background of the change point in o2 and slow component of oxygen uptake kinetics. J Physiol Pharmacol, (52): 167-184.

5- Poole,D.C., Schaffartzik,W., Knight, D.R., Derion, T., Kennedy, B., Guy, H,J ., Prediletto, R., Wagner,P.D (1991). Contribution of exercising leg to the slow component of oxygen uptake kinetics in humans. J Appl Physiol, (71):1245-1253.

6. Carter, H., Pringle, J.S.M., Boobis, L., Jones,A.M., Doust, J.H (2004). Muscle Glycogen Depletion alters Oxygen Uptake Kinetics During heavy Exercise.J Med Sci Sport Exerc, (36): 967-972.

۷. رضایی نژاد، نجمه .، نظرعلی، پروانه.، رجبی، حمید (۱۳۹۰). تاثیر شدت گرم کردن بر مولفه آهسته اکسیژن مصرفی و متغیرهای قلبی ـ تنفسی فعالیت زیربیشینه در زنان تیم ملی فوتسال ، فصلنامه المپیک ، ۳ (۵۵) ، ۵۷– ۶۹.

8. Borrani,F., Candau, R., Millet, G.Y., Perrey,S., Fuchslocher,J., Rouillon, J.D (2001).Is the Vo2 slow component dependent on progressive of fast-twitch fibers in traine runners? J Appl Physiol, (90): 2212-2220.

9. Womack, C.J., Davis, S.E., Blumer,J.L., Barrett, E., Weltman, A.L., Gaesser, G.A (1995). Slow component of o2 uptake during heavy exercise : adaptation to endurance training. J Appl Physiol, (79): 838-845.

10. Thomas, D.Q., Fernhall, B., Granat, H (1999). Changes in Running Economy During a 5-km Run in Trained Men and Women Runners. J Strength cond, 13(2):162-167.

11. Bernard, O., Maddio, F., Ouattar, S.,Jimenez, C., Charpenet, A ., Melin, B., Bittle, J (1998). Influence of the oxygen uptake slow component on the energy cost of high-intensity submaximal treadmill in humans, Eur J Appl Physiol, (78): 578-585.

12. Loftin,M., Heusel,L., Bonis,M., Carlisle,L., Sothern,M (2005). Comparsion of Oxygen Uptake Kinetic and Oxygen Deficit in Severely Overweight and Normal Weight Adolescent Females. J Sport Sci a Med,4:430-436.

13. Burnley, M., Jones, A.M., Carter, H., Doust, J.H (2000). Effects of prior heavy exercise on phase II pulmonary oxygen uptake kinetics during heavy exercise. J Appl Physiol, (89) :1387-1396.

14. Koppo, K., Bouchaer,J (2000).In humans the oxygen uptake slow component is reduced by perior exercise of high as well as low intensity, Eur J Appl Physiol, (83): 559-595.

15. Koga, S.H., Shiojiri,T ., Kondo, N., Barstow,J (1997). Effect of increased muscle temperature on oxygen uptake kinetics during exercise. J Appl Physiol, (83) : 1333-1338.

16. Zimmer,A., Burandt,A., Kent,C (2007). The effects of Acute stretching on running Economy. J Undergraduate Kinesiol,52-61.

17. Allison,S.J.,Balley,d.M.,Folland,J.p (2008). Prolonged static stretching does not influence running economy despite changes in neuromuscular function. J Sports DSci,26(14):1489-1495.

18. Godges,J., MacRae,J., Longdon, H., Tinber, C., MacRae, P. G (1989).The effects of two stretching procedures on hip range of motion and gait economy. J Orthopaedic and Sports Phy The ,7: 35 0–357.

19. Hayes,P.R.,Walker,A (2007). Pre-exercise stretching does not impact upon running economy. J Strength Cond Res,21(4):1227-1232.

20.Nelson, A. G. , Kokkonen,J ., de Leon, M., Koerber, G., Nishime, M., Smith, J (2005). Passive Static Stretching Elevates Metabolic Rate.J Med Sci Sports Exerc, 37(5):103-104.

21. Wilson,J.M., Hornbuckle,L.M., Kim,J.S., Ugrinowitsch, C.,Lee,S.R., Zourdos,Mc., Sommer,B., Panton,L.B (2010). Effects of Static stretching on Energy cost and running endurance performance. J strength Cond Res,24(9):2274-2279.

22. Mojock,CH.D., Kim,J.S., Eccles,D.W., Panton,L.B (2011). The effects of static stretching on running economy and endurance performance in female distance runners during treadmill running. J Strength Cond Res, 25(8):2170-2176.

۲۳. رامز، مارال .، رجبی، حمید .، نوروزیان، منیژه (۱۳۹۱). اثر حاد کشش ایستا و پویا بر اقتصاد دویدن و برخی عوامل سوخت و سازی فعالیت زیربیشینه در زنان فعال، فصلنامه المپیک ، ۴ (۶۰)، ۸۵–۹۸.

24..Nikooie,R., Gharakhanlo,R., Rajabi,H,. Bahraminegad,M., Ghafari,A (2009). Noninvasive determination of anaerobic threshold by monitoring the %Spo_2 changes and respiratory gas exchange. J strength cond res,23(7), 2107-2113

۲۵. مک آردل، ویلیام .، کچ، فرانک. آی.، کچ، ویکتور.ال.(۱۳۷۹). فیزیولوژی ورزشی ۱، ترجمه خالدان، اصغر. انتشارات سمت، تهران.

26. Jones,A.M., DiMenna,F., Lothian,F., Talor,E., Garland,S.W., Hayes,Ph.R., Thompson,K.G (2008). Priming exercise and o_2 uptake kinetics during Treadmill running. J Respiratory Physiol and Neurobiol,161:182-188.

27. Yamaguchi, T., Ishii, K (2005). Effects of static stretching for 30 seconds and dynamic stretching on leg extension power. J Strength Cond Res, 19: 677-683.

28. . Bangsbo,J., Larsen,H.B (2000). **RunningScience**. Copenhagen:Munksgaard,P:85-102.

۲۹. ویلمور، جک.اچ.، کاستیل، دیوید.ال.(۱۳۸۵). فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی، ترجمه معینی، ضیاء.، رحمانی نیا، فرهاد.، رجبی، حمید.. آقاعلی نژاد، حمید.، سلامی، فاطمه. جلداول.. انتشارات مبتکران، تهران.

30. Carter,H., Jones,A.M., Barstow,T.J., Burnley,M.,Williams,C.A., Doust,J.H (2000). Oxygen Uptake kinetics in Ttreadmill Rrunning and Cycle Ergometry:a Comparison . Eur J Appl Physiol,89(3):899-907.

31. Delory,D.S., Koalchuk,J.M., Heenan,A.P., Dumanior,G.R., Paterson,D.H (2007). Prior exercise speeds pulmonary o_2 uptake kinetic by increases in both local muscle o_2 availability and o_2 utilization. J Appl Physiol ,103:771-778.

32. Carter,h., Jones,A.M., Barstow,T,S., Burnley,M, Williams,C., Doust,J.H (2000). Effect of endurance training on oxygen uptake kinetics during treadmill running. J Appl Physiol ,89:1744-1752.

33. Burnley,M., Jones,A.M.,Carter,H.,Doust,J.H (2000). Effects of prior heavy exercise on phase II pulmonary oxygen uptake kinetics during heavy exercise. J Appl Physiol,89:1387-1396.
34. Trehearn,T.L.,Buresh,R.J (2009). Sit-and-reach flexibility and running economy of men and women collegiate distance runners. J Strength Cond Res, 23(1): 158–162.
35. Jones, A.M (2002). Running economy is negatively related to sit-and-reach test performance in international-standard distance runners. Int J Sports Med, 23(1), 40-43.