تأثیر افزایش ۵۰ گرمی وزن کفش ورزشی بر اقتصاد دویدن در حین اجرای یک پروتکل ۱۵ دقیقه‌ای دویدن روی نوار گردان

منصور اسلامی [۱]*، مهدی بقائیان ، رزیتا فتحی*****

* استادیار بیومکانیک ورزشی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه مازندران.

** کارشناس ارشد بیومکانیک ورزشی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه مازندران.

*** استادیار فیزیولوژی ورزشی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه مازندران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۷/۱۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۶/۳۰

چکیده

هدف تحقیق حاضر تعیین تأثیر تغییرات ۵۰ گرمی وزن کفش ورزشی بر اکسیژن مصرفی و اقتصاد دویدن در یک پروتکل ۱۵ دقیقه‌ای دویدن روی نوارگردان بود. به این منظور ۱۵ مرد فعال (سن: ۲/۰۶±۲۴/۶۰ سال و ۵/۸۳±۱۷۸سانتی‌متر) انتخاب شدند. پروتکل آزمون از سه مرحله با سرعت‌های ۴، ۶ و ۸ کیلومتر بر ساعت تشکیل شد که زمان هر مرحله ۵ دقیقه بود. اکسیژن مصرفی به‌وسیله دستگاه گاز آنالایزر متامکس جمع‌آوری شد و اقتصاد دویدن از محاسبه شیب تغییرات اکسیژن مصرفی در هر سرعت دویدن طی ۱۵ دقیقه محاسبه شد. روش آماری تحلیل واریانس یک‌عاملی با اندازه‌گیری مکرر برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد که اکسیژن مصرفی ناشی از تغییرات وزن کفش در کل زمان اجرای آزمون به‌صورت معناداری افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). با وجود این، شیب تغییرات اکسیژن مصرفی در اثر تغییر وزن معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$). یافته‌ها نشان داد افزایش ۵۰ گرم اضافه‌بار به کفش ورزشی می‌تواند مصرف اکسیژن را به‌صورت معنی‌داری افزایش دهد، درحالی‌که اثر معناداری بر اقتصاد دویدن ندارد.

واژه‌های کلیدی: اقتصاد دویدن، اکسیژن مصرفی، کفش ورزشی.

Effect of 50 grams increasing of sport shoes' weight on running economy in a 15 minuets running protocol on treadmill

Eslami, M.*., Baghaian, M.**., Fathi, R.***

* Assistant Professor ,Sports Biomechanic, Factuly of Physical Education and Sport Sciences Mazandaran University, Iran.

** Master of Science, Sports Biomechanic, Factuly of Physical Education and Sport Sciences Mazandaran University, Iran.

*** Assistant Professor, Sports Physiology, Factuly of Physical Education and Sport Sciences Mazandaran University, Iran.

Abstract

Purpose: The aim of this study was to test the effect of 50 gr changes in sport shoes' weight on Vo2max and running economy during 15 minutes running protocol. **Method:** 15 active males (age of 24.60 ± 2.06; height of 178 ± 5.83 cm) were selected in this study. Subjects participated in a 15 minutes running protocol in three running speeds of 4, 6 and 8 km/h. Total time for each running speed was 5 minutes. Vo2max was measured using Metamax gas analyzer and running economy was determined by calculating the slope of vo2max changes during 15 minutes running. One way repeated measure ANOVA was used to test hypotheses ($p<0.05$). **Results:** Vo2 max increased significantly during 15 minutes running, however, no significant changes was observed in slope of Vo2 max when we increased 50 gr shoes' weight. **Conclusion:** 50 gr increases in sport shoes' weight could increase mean Vo2max but may not affect running economy in a 15 minutes running protocol.

Keywords: Running Economy, Vo_2max, Sport Shoes

1.Mseslami@gmail.com

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1393.12.8.8.5]

مقدمه

اقتصاد دویدن و حداکثر اکسیژن مصرفی به‌منزله دو شاخص برای پیش‌بینی عملکرد دونده‌ها به کار می‌رود (۱،۲،۳). اقتصاد دویدن به‌هنگام دویدن در سرعت‌های زیر آستانه لاکتات، ازطریق محاسبه میانگین اکسیژن مصرفی دو دقیقه انتهایی از مراحل افزایش سریع تا حالت پایدار تخمین زده می‌شود (۴). هرچقدر در یک فعالیت حرکتی برای رسیدن به یک سرعت معین مصرف اکسیژن کمتر باشد، آن فعالیت اقتصادی‌تر انجام شده است. کفش ورزشی به‌هنگام دویدن اولین نقطه برخورد با زمین است و به دلیل آنکه وزن کفش می‌تواند موجب تغییر توزیع جرم در اندام تحتانی شود، می‌تواند توزیع جرم و درنتیجه مرکز ثقل اندام تحتانی را تغییر دهد. از میان پژوهش‌های پیشین، که به بررسی اثر افزایش وزن بر مصرف انرژی پرداختند، فدریک (۱۹۸۴) گزارش کرد که افزایش وزن در نقاطی که فاصله بیشتری از مرکز ثقل کل بدن دارند ممکن است موجب افزایش بیشتر انرژی مصرفی و هزینه انرژی شود (۵). در مقایسه هزینه انرژی که بین دو حالت افزودن وزن به پوتین‌های سربازی و افزایش وزن به کیسه‌های چسبانده‌شده به کمر شخص انجام شد، راسل و بلدینگ (۱۹۴۶) مشاهده کردند که افزایش وزن به کفش، نسبت به افزایش همان وزن به کمر، هزینه انرژی را ۴ برابر افزایش می‌دهد (۶) که این موضوع به اهمیت وزن کفش برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی اشاره دارد. ازاین‌رو می‌توان کفش را یکی از عوامل مؤثر احتمالی در مصرف و اقتصاد انرژی و خستگی عضلانی ناشی از دویدن درنظر گرفت. ازسوی دیگر، پژوهش‌ها نشان دادند که افزایش وزن کفش در سرعت متوسط دویدن موجب افزایش مصرف اکسیژن می‌شود، بدین‌صورت که به‌ازای هر ۱۰۰ گرم اضافه‌شدن به وزن کفش، مصرف اکسیژن یک‌درصد افزایش می‌یابد (۷،۸). نتایج به‌دست‌آمده در این حیطه، به رشته‌های ورزشی دیگر قابل تعمیم نیست و تغییرات وزن کفش در رشته‌های دیگر ممکن است از الگوی دیگری پیروی کند.

ازطرف دیگر، در این پژوهش‌ها جهت اندازه‌گیری اکسیژن مصرفی از کیسه داگلاس[1] استفاده شده بود که یکی از روش‌های قدیمی برای سنجش اکسیژن مصرفی قلمداد می‌شود. به‌علاوه، برم و همکاران (۹) گزارش کردند در آزمایش‌هایی که روش اجرای آنها از الگوی منظمی پیروی کند، استفاده از روش‌های تنفس‌به‌تنفس[2] به کیسه داگلاس ارجح است. ازطرف دیگر، تحقیقات پیشین تغییرات وزن را در هر ۱۰۰ گرم بررسی کرده‌اند. با وجود اختلافات وزنی کمتر از ۱۰۰ گرم در ساخت کفش‌های ورزشی، بررسی اثر افزودن ۵۰ گرم به وزن کفش ورزشی بر اکسیژن مصرفی ممکن است به بررسی نیاز داشته باشد. در این پژوهش محقق قصد دارد با استفاده از دستگاه گاز آنالایزر متامکس[3] که به شیوه تنفس‌به‌تنفس عمل می‌کند و نیز با اعمال تغییر وزن ۵۰ گرمی در سه مرحله، میزان تغییر اقتصاد دویدن را بررسی کند تا به نتایج دقیقی دست یابد. بنابراین، فرضیه تحقیق بر وجود اختلاف در اقتصاد دویدن بین سه وزن ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ گرمی کفش ورزشی دلالت دارد. ازسوی دیگر پژوهش‌های پیشین (۱،۸،۱۰،۱۱،۱۲،۱۳) برای بحث درباره اقتصاد دویدن به بررسی تغییرات اکسیژن مصرفی پرداخته‌اند، درحالی‌که در این پژوهش سعی شده است با بررسی تغییرات شیب بازده اکسیژن جذبی[4] (OUES)

1. Douglas Bag
2. Breath-by-Breath
3. Meta Max Gas Analyzer
4. Oxygen Uptake Efficiency Slope

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1393.12.8.8.5]

راهکاری برای حذف اثر افزایش اکسیژن مصرفی ناشی از افزایش پلکانی سرعت ارائه شود. OUES شاخصی برای سنجش کارایی دستگاه قلبی – ریوی در پروتکل‌های فزاینده زیربیشینه است (۱۴،۱۵،۱۶). در این پژوهش به دلیل استفاده از پروتکل فزاینده زیربیشینه پژوهشگران به‌دنبال ارائه این شاخص به‌منزله شاخصی جایگزین برای اکسیژن مصرفی در پیش‌بینی اقتصاد دویدن هستند.

روش‌شناسی

۱۵ نفر آزمودنی از میان دانشجویان مرد فعال سالم (سن ۲/۰۶±۲۴/۶۰ و قد ۵/۸۳±۱۷۸سانتی‌متر) که سابقه تمرین ورزشی منظم و فعالیت در رشته ورزشی خاصی را داشته‌اند انتخاب شدند. آزمودنی‌ها پس‌از اطلاع از روند پژوهش رضایت خود را مبنی بر شرکت در آزمایش به صورت کتبی اعلام کردند. آزمودنی‌ها پرسش‌نامه سلامت جسمانی را تکمیل کردند. آزمودنی‌ها فاقد هرگونه ناهنجاری یا آسیب بودند. آزمون از سه مرحله تشکیل شده بود که شامل پوشیدن کفش با سه سطح اضافه‌بار ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ گرمی می‌شد. برای کاهش اثر تمرین بر نتایج آزمون، اضافه‌بار در هر جلسه به صورت تصادفی به آزمودنی داده شد. بدین‌منظور قبل‌از اجرای آزمون از آزمودنی خواسته شد که به قید قرعه یک سطح از اضافه‌بار را انتخاب کند. درصورت تشابه انتخاب با روزهای قبل انتخاب بعدی پذیرفته شد. برای کاهش اثر تمرین بر یک گروه، درصورتی‌که ۵ آزمودنی با یک اضافه‌بار آزمون را اجرا کردند، اضافه‌بار مزبور در آن روز از فهرست قرعه خارج می‌شد. هم‌زمان با دویدن روی نوارگردان، میزان اکسیژن مصرفی ثبت شد. برای اندازه‌گیری اکسیژن مصرفی از دستگاه گاز آنالایزر متامکسII (شکل ۱) که با نوارگردان HP/Cosmos Mercury ساخت کشور آلمان در ارتباط بود استفاده شد. توسط رایانه میزی و ازطریق نرم‌افزار Metasoft اطلاعات از دستگاه دریافت و ذخیره شد. پس‌از یک جلسه آشنایی با مراحل آزمون، آزمودنی‌ها برای اجرای آزمون اصلی به آزمایشگاه فراخوانده شدند. دستگاه گاز آنالایزر در ابتدای هر روز به‌صورت کامل کالیبره شد که شامل کالیبره‌کردن حجم توسط سرنگ سه لیتری، کنترل فشار هوا و کالیبره‌کردن الکترود گازهای اکسیژن و دی‌اکسید کربن با دو هوای محیط و مخلوطی از گازهای کالیبره بود که با دقت بالایی ترکیب‌شده‌اند (٪۱۴/۹۳ اکسیژن و ٪۵/۹۷ دی‌اکسید کربن، دقت ٪۱/۵±). قبل‌از اجرای هر آزمون کالیبره‌کردن دونقطه‌ای گازها به صورت خودکار انجام گرفت (۱۷). آزمودنی‌ها پس‌از پوشیدن کفش مد نظر روی نوارگردان رفتند و ماسک دستگاه گاز آنالایزر روی صورتشان گذاشته شد. سرعت نوارگردان در عرض سه دقیقه گرم‌کردن، از صفر به سه کیلومتر بر ساعت و شیب آن از صفر به پنج درصد می‌رسید. با پایان مرحله گرم‌کردن، مرحله اول با سرعت چهار کیلومتر بر ساعت شروع می‌شد و پنج دقیقه به طول می‌انجامید. مرحله دوم بلافاصله با افزایش سرعت نوارگردان به شش کیلومتر بر ساعت شروع می‌شد و پس از پنج دقیقه به اتمام می‌رسید. در ادامه مرحله سوم با سرعت هشت کیلومتر بر ساعت و مدت زمان پنج دقیقه اجرا می‌شد و پس از آن مرحله سردکردن (بازیافت) به مدت سه دقیقه با کاهش سرعت و شیب دستگاه انجام می‌شد(۱۷). گفتنی است که میزان شیب نوارگردان در هرسه مرحله پنج درصد بوده است (شکل ۱).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1393.12.8.8.5]



شکل ۱. پروتکل دویدن با استفاده از نوارگردان و دستگاه گاز آنالایزر متامکس در آزمایشگاه شبیه‌سازی‌شده به دویدن در یک مسابقه دو ۵۰۰۰ متر استقامت

هنگام اجرای آزمون، همچنان‌که سرعت دویدن افزایش می‌یافت، اکسیژن مصرفی نیز قبل‌از رسیدن به حالت پایدار افزایش پیدا کرد. برای بررسی تغییرات اکسیژن مصرفی درمجموع پروتکل به‌این‌صورت عمل شد که اکسیژن مصرفی دو دقیقه انتهایی تمام آزمودنی‌ها برای هرسه سرعت ۴، ۶ و ۸ کیلومتر بر ساعت انتخاب شد. درنتیجه برای هر وزن یک ستون از داده‌های اکسیژن مصرفی به‌دست آمد. با مقایسه اکسیژن مصرفی کل دوره آزمون در هر وزن، به مشاهده اثر تغییرات وزن کفش بر میزان تغییرات اکسیژن مصرفی و درنتیجه اقتصاد دویدن پرداخته شد. اقتصاد دویدن ازطریق محاسبه میانگین اکسیژن مصرفی دودقیقه انتهایی هرمرحله، درصورتی‌که به حالت پایدار می‌رسید، تخمین زده شد. میانگین اکسیژن مصرفی به‌دس آمده، هزینه اکسیژنی را که برای رسیدن به آن سرعت نیاز است نشان می‌دهد که می‌تواند بین دونده‌ها مقایسه شود. مصرف اکسیژن کمتر برای رسیدن به یک سرعت مشخص نشان‌دهنده دویدن اقتصادی‌تر است. برای محاسبه OUES از روش بابا و همکاران (۱۹۹۶) استفاده شد (۱۶) که در آن اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر بر دقیقه) روی محور عمودی و تهویه کل (میلی‌لیتر بر دقیقه بر کیلوگرم) در تابع لگاریتم روی محور افقی قرار می‌گیرد. شیب خط معادله یک‌مجهولی ارتباط دو محور افقی و عمودی به‌عنوان OUES در نظر گرفته می‌شود (معادله ۱) (۱۴،۱۵).

$$VO_2 = a \log_{10} VE + b$$ معادله ۱

در این معادله VO_2 نشان‌دهنده اکسیژن مصرفی و VE حاکی از تهویه کل است. ضریب a در این معادله OUES درنظر گرفته می‌شود. داده‌ها به‌وسیله‌ی نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۱۶ تحلیل شدند. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Microsoft Excel 2010 استفاده شد. نرمال‌بودن داده ازطریق روش کالموگروف اسمیرنوف[1] آزمون شد و پس از کسب اطمینان از نرمال‌بودن توزیع داده‌ها، از روش آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر[2] برای آزمون فرضیه‌ها استفاده شد.

1 . Kolmogorov-Smirnov

2 . Repeated Measures

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1393.12.8.8.5]

نتایج

داده‌های مربوط به اکسیژن مصرفی ناشی از تغییرات وزن به‌تفکیک سرعت در جدول ۱ آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، میانگین اکسیژن مصرفی با افزایش وزن کفش و سرعت دویدن افزایش یافته است. به‌طوری‌که در سرعت ۸ کیلومتر بر ساعت در وزن ۱۵۰ گرم بالاترین میانگین اکسیژن مصرفی ملاحظه می‌شود. به‌علاوه، با افزایش وزن کفش، میانگین میزان اکسیژن مصرفی در کل زمان اجرای پروتکل افزایش یافت. نتایج آماری نشان داد که تغییرات وزن کفش بر اکسیژن مصرفی ناشی از دویدن در کل زمان اجرای آزمون اثر دارد ($P<۰/۰۵$). بدین‌معنی که تفاوت معنی‌داری در میانگین اکسیژن مصرفی ناشی از دویدن، درمجموع سه سرعت ۴، ۶ و ۸ کیلومتر بر ساعت، در مقایسه هر سه وزن وجود دارد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که اختلاف مصرف اکسیژن بین دو حالت ۵۰ و ۱۰۰ گرم اضافه‌بار کمتر از دو حالت ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم است (جدول ۱). در بررسی جداگانه سطوح سرعتی مشاهده شد که تنها اختلاف معنی‌دار در سرعت ۶ کیلومتر بر ساعت بین اضافه‌بارهای ۵۰ و ۱۵۰ گرم است (جدول ۱).

جدول ۱. میانگین اکسیژن مصرفی به تفکیک سرعت در هر مرحله و میانگین در کل زمان اجرای پروتکل

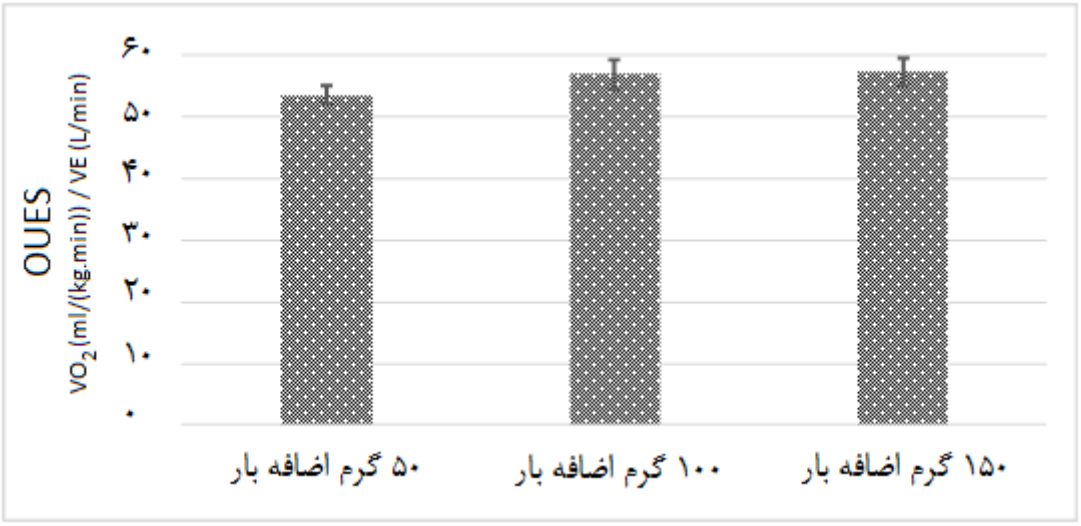
	اکسیژن مصرفی ((ml/(kg.min))			
اضافه‌بار	سرعت ۴ mk/h	سرعت ۶ mk/h	سرعت ۸ mk/h	میانگین
۵۰gr	۱۷/۴۱±۱/۰۸	۲۹/۸۰±۱/۷۸ †	۳۸/۷۵±۲/۲۵	۲۸/۶۵±۸/۸۵ #*
۱۰۰gr	۱۷/۷۰±۱/۷۲	۳۰/۳۹±۲/۳۴	۳۹/۵۹±۲/۹۳	۲۸/۹۱±۹/۰۱ ‡*
۱۵۰gr	۱۷/۸۲±۱/۷۵	۳۰/۷۳±۱/۹۹ †	۳۹/۸۷±۱/۷۲	۲۹/۳۱±۹/۲۶ ‡#

(† . اختلاف معنی‌دار (p=۰/۰۲۱))، (*. اختلاف معنی‌دار (p=۰/۰۱۶))، (#. اختلاف معنی‌دار (p=۰/۰۰۰))، (‡. اختلاف معنی‌دار (p=۰/۰۱۲))

نتایج آماری نشان داد که تغییرات ۵۰ گرمی وزن کفش بر تغییرات OUES در کل زمان اجرای آزمون تأثیر معنی‌داری ندارد (شکل۲). نتایج حاصل از این فرض نشان می‌دهد که با وجود اختلاف معنی‌دار در میزان مطلق مصرف اکسیژن، تغییرات OUES اختلاف معناداری نداشت، ازاین‌رو احتمال می‌رود افزایش وزن کفش تأثیری بر اقتصاد دویدن در این پروتکل اجرایی نداشته باشد.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1393.12.8.8.5]



شکل۲. میانگین تغییرات OUES برای هر مرحله اضافه‌بار

بحث

اکسیژن مصرفی مقایسه کلی داده‌ها در ۱۵ دقیقه دویدن برای سه وزن کفش مختلف اختلاف معناداری را نشان می‌دهد (جدول ۱). این نتیجه نشان می‌دهد که افزایش وزن کفش باعث افزایش اکسیژن مصرفی در طی ۱۵ دقیقه دویدن شده است. روند آزمون در این پژوهش دویدن با ۳ سرعت متفاوت ۴، ۶ و ۸ کیلومتر بر ساعت در مدت ۱۵ دقیقه بود. این پروتکل با دویدن در موقعیت مسابقه‌ای ۵۰۰۰ متر استقامت شبیه‌سازی شده بود که ذخیره انرژی و اقتصاد دویدن در این مسابقات برای موفقیت دوندگان یک اصل است. بنا بر اطلاعات نویسندگان، تحقیقی مشابه تحقیق حاضر در ادبیات یافت نشد. در این پژوهش به دلیل استفاده از پروتکل پله‌ای سعی شده است با مطالعه تغییرات OUES به‌جای تغییرات اکسیژن مصرفی، که در پژوهش‌های پیشین (۱،۸،۱۰،۱۱،۱۲،۱۳) به‌منظور اظهارنظر درباب اقتصاد دویدن استفاده شده است، شیوه جدیدی برای بررسی اقتصاد دویدن ارائه شود. در این تحقیق سعی شد تا با محاسبه OUES، اثر افزایش وزن کفش بر اقتصاد دویدن بررسی شود. نتایج وجود اختلاف معنی‌دار در میزان مطلق مصرف اکسیژن را نشان می‌داد، درحالی‌که در تغییرات OUES اختلاف معناداری وجود نداشت. ازاین‌رو احتمال می‌رود افزایش وزن کفش تأثیری بر اقتصاد دویدن در این پروتکل نداشته باشد.

به‌علاوه، با بررسی اختلاف اکسیژن مصرفی بین سه وزن کفش در هریک از سرعت‌های دویدن به‌صورت جداگانه (جدول ۱)، می‌توان ادعا کرد که سیستم حرکتی بدن انسان همواره به سطوح مختلف یک متغیر که به شکل منظمی تغییر می‌کنند پاسخی منظم و سیستماتیک نشان نمی‌دهد (۱۸). مثلاً نمی‌توان انتظار داشت که با افزایش پله‌ای وزن کفش یا سرعت حرکت، مصرف انرژی نیز افزایشی با همان الگوی مشابه داشته باشد. به بیان دیگر، در تفسیر نتایج این پژوهش می‌توان فرض کرد که در سرعت ۴ کیلومتر بر ساعت با توجه با فشار کم فعالیت ورزشی، باوجود تغییر در وزن کفش، سیستم حرکتی همچنان قادر به کنترل مناسب هزینه انرژی است و به‌خوبی اثر بار تحمیل‌شده بر خود را کاهش می‌دهد. درنتیجه اختلاف اکسیژن مصرفی معنی‌دار نیست.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1393.12.8.8.5]

برعکس، در سرعت ۸ کیلومتر بر ساعت افزایش سرعت دویدن خود به‌اندازه‌ای باعث افزایش اکسیژن مصرفی شده است که اثر افزایش وزن کفش بر اکسیژن مصرفی معنی‌دار نیست. بااین‌همه در سرعت ۶ کیلومتر در ساعت تفاوت معنی‌دار بین دو وزن ۵۰ و ۱۵۰ گرم می‌تواند مبین سرعت حد واسط و مقداری از وزن کفش باشد که بر مصرف انرژی اثرگذار است. با توجه به یافته‌های این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که افزایش ۱۰۰ گرم به وزن کفش ورزشی به طرز معنی‌داری اقتصاد دویدن در سرعت ۶ کیلومتر بر ساعت را کاهش می‌دهد. براساس نتایج به‌دست‌آمده از بررسی اکسیژن مصرفی در سرعت‌های مختلف، می‌توان حدس زد که اثر معنی‌دار افزایش وزن کفش ورزشی بر اکسیژن مصرفی کل زمان پروتکل ممکن است به‌دلیل مجموع اثرات افزایش وزن و افزایش سرعت هر مرحله باشد. درنتیجه با بررسی تغییرات OUES که برای پروتکل‌های پله‌ای مناسب‌تر است (۱۴،۱۵،۱۶) می‌توان تا حدی اثر مداخله افزایش سرعت بر اکسیژن مصرفی را کاهش داد. با توجه به این موضوع که تغییرات سرعت در مسابقات دوومیدانی غالباً از الگوی یکسانی پیروی نمی‌کند و بیشتر با پروتکل‌های پلکانی مشابهت دارد، و براساس نتایج این پژوهش که پیش‌بینی اقتصاد دویدن در پروتکل‌های فزاینده براساس تغییرات اکسیژن مصرفی ممکن است تخمین صحیحی از اقتصاد دویدن ارائه ندهد، پژوهشگران حدس می‌زنند که بررسی تغییرات OUES، نسبت به تغییرات مقادیر مطلق اکسیژن مصرفی، شاخص مناسب‌تری برای گمانه‌زنی درباب تغییرات اقتصاد دویدن است. با توجه به نتایج این پژوهش توصیه می‌شود که درصورت یک‌مرحله‌ای‌بودن پروتکل آزمون، برای بررسی تغییرات اقتصاد دویدن به تغییرات اکسیژن مصرفی توجه شود، و درصورت چندمرحله‌ای‌بودن پروتکل آزمون، توجه به شیب تغییر اکسیژن مصرفی، ارجح باشد.

نتیجه‌گیری

افزایش ۵۰ گرمی وزن کفش در یک پروتکل دویدن ۱۵ دقیقه‌ای می‌تواند بر میانگین مصرف اکسیژن اثرگذار باشد، درحالی‌که ممکن است بر تغییرات OUES به‌منزله شاخصی جایگزین برای اقتصاد دویدن اثر معنی‌دار نداشته باشد. پیش‌بینی چگونگی و مقدار این اثرات ممکن است به چگونگی انجام آزمون وابسته باشد.

منابع

1. Foster, C., Lucia, A. (2007). Running economy: The forgotten factor in elite performance. Sports Medicine. 37(4-5): 316-9.
2. Bassett, D.R., Howley, E T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. Medicine and Science in Sports and Exercise. 32(1): 70-84.
3. Conley, D.L., Krahenbuhl, G.S. (1979). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. Medicine and Science in Sports and Exercise. 12(5): 357-60.
4. Fletcher, J.R., Esau, S.P., MacIntosh, B.R. (2010). Changes in tendon stiffness and running economy in highly trained distance runners. European Journal of Applied Physiology. 110(5): 1037-46.
5. Frederick, E.C. (1984). Physiological and ergonomics factors in running shoe design. Applied Ergonomics. 15(4): 281-7.
6. Russell, H.D., Belding, H.S. (1946). Metabolic cost of wearing various types of footwear. National Academy of Sciences Committee on Quartermaster Problems Report. Harvard Fatigue Laboratory, Cambridge, MA, USA.
7. Shorten, M.R. (2000). Running shoe design: protection and performance. Marathon Medicine, Royal Society of Medicine, London. 159-69.
8. Jones, B.H., Knapik, J.J., Daniels, W.L., Toner, M.M. (1986). The energy cost of women walking and running in shoes and boots. Ergonomics. 29(3): 439-43.
9. Brehm, M.A., Harlaar, J., Groepenhof, H. (2004). Validation of the portable VmaxST system for oxygen-uptake measurement. Gait & Posture. 20(1): 67-73.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1393.12.8.8.5]

10. Dumke, C.L., Pfaffenroth, C.M., McBride, J.M., McCauley, G.O. (2010). Relationship between muscle strength, power and stiffness and running economy in trained male runners. International Journal of Sports Physiology & Performance. 5(2): 249-61.
11. Saunders, P.U., Pyne, D.B., Telford, R.D., Hawley, J.A. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. Sports Medicine. 34(7): 465-85.
12. Morgan, D.W., Martin, P.E., Krahenbuhl, G.S. (1989). Factors affecting running economy. Sports Medicine. 7(5): 310-30.
13. Williams, K.R., Cavanagh, P.R. (1987). Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. Journal of Applied Physiology. 63(3): 1236-45.
14. Hollenberg, M., Tager, I.B. (2000). Oxygen uptake efficiency slope: an index of exercise performance and cardiopulmonary reserve requiring only submaximal exercise. Journal of the American College of Cardiology. 36(1): 194-201.
15. Mollard, P., Woorons, X., Antoine-Jonville, S., Jutand, L., Richalet, J.P., Favret, F., Pichon, A. (2008). Oxygen uptake efficiency slope'in trained and untrained subjects exposed to hypoxia. Respiratory Physiology & Neurobiology. 161(2): 167-73.
16. Baba, R., Tsuyuki, K., Yano, H., Ninomiya, K., Ebine, K. (2010). Robustness of the oxygen uptake efficiency slope to exercise intensity in patients with coronary artery disease. Nagoya Journal of Medical Science. 72(1-2): 83-9.
17. Pedersen, A.V., Stokke, R., Mamen, A. (2007). Effects of extra load position on energy expenditure in treadmill running. European Journal of Applied Physiology. 102(1): 27–31.
18. Nigg, B.M. (2010). Biomechanics of Sport Shoes. University of Calgary.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1393.12.8.8.5]