فیزیولوژی ورزشی شماره ۳۰، تابستان ۱۳۹۵. صص ۱۱۴-۱۰۱

سنجش اعتبار معادلات راه‌رفتن و دویدن (ACSM) در برآورد حجم اکسیژن مصرفی در مردان جوان فعال ایرانی

معرفت سیاه‌کوهیان[۱]، مهدی عالی‌زاده[۲]، آیلار ایمانی[۳]

۱. استاد دانشگاه محقق اردبیلی*
۲. دانشجوی دکتری دانشگاه تبریز
۳. دانشجوی دکتری دانشگاه محقق اردبیلی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۲۹

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی هم‌گرایی بین حجم اکسیژن مصرفی برآوردشده با استفاده از معادلات ACSM و روش تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی به‌عنوان روش مبنا در مردان جوان فعال بود. بدین‌منظور، ۵۰ مرد جوان فعال (با میانگین ± انحراف معیار سنی ۲/۶۰۹ ± ۲۱/۰۴ سال، وزن ۵/۸۲۵ ± ۷۰/۱۱ کیلوگرم، شاخص جرم بدن ۳/۲۱ ± ۲۲/۳۶ کیلوگرم بر مترمربع و حداکثر اکسیژن مصرفی ۳/۶۷ ± ۵۱/۰۸) به‌عنوان آزمودنی انتخاب شدند و حجم اکسیژن مصرفی آن‌ها با استفاده از معادلات ACSM و روش مبنا در سرعت‌های مختلف دو، چهار، شش، هشت، ۱۰، ۱۲، ۱۴، ۱۶ و ۱۸ کیلومتر بر ساعت (۴۹۵ مورد) برآورد شد. به‌منظور ارزیابی هم‌گرایی حجم اکسیژن مصرفی برآوردشده، از آزمون آماری بلاند ـ آلتمن و ضریب همبستگی درون‌طبقه‌ای استفاده شد. یافته‌های پژوهش بیانگر عدم هم‌گرایی حجم اکسیژن مصرفی برآوردشده با روش مبنا و معادلات ACSM در سرعت‌های دو تا ۱۸ کیلومتر بر ساعت می‌باشد (راه‌رفتن: ICC=0.045, ±1.96, 95% CI =-28 to +7.2 ml/kg/min؛ دویدن: ICC=0.422, ±1.96, 95% CI= -15 to 1.3 ml/kg/min). بر پایهٔ این نتایج می‌توان ذکر کرد که معادلات ACSM در برآورد حجم اکسیژن مصرفی در مردان جوان فعال ایرانی، فاقد اعتبار بوده و نیازمند بازنگری است.

واژگان کلیدی: معادلات سوخت‌وسازی ACSM، حجم اکسیژن مصرفی برآوردشده، راه‌رفتن، دویدن مردان جوان فعال

* نویسنده مسئول Email: M_Siahkohian@uma.ac.ir

مقدمه

هر سلول به‌منظور تبدیل انرژی مواد غذایی به انرژی قابل‌استفاده با هدف انجام کار سلولی (آدنوزین تری فسفات)[1] اکسیژن مصرف می‌نماید. هرچند عضلات بدن، بزرگ‌ترین حجم از کل اکسیژن مصرفی را در هنگام فعالیت به‌خود اختصاص می‌دهند، اما در حالت استراحت، آن‌ها مقدار انرژی اندکی را نیاز دارند؛ بنابراین، انقباض سلول‌های عضلانی به مقدار قابل‌توجهی ATP نیاز دارد و این امر موجب می‌شود که در طول تمرینات، مقادیر زیادی از اکسیژن مصرف شود. حاصل فعالیت میلیون‌ها سلول بدن، مصرف اکسیژن و تولید دی‌اکسیدکربن می‌باشد؛ لذا، می‌توان مقادیر اکسیژن مصرفی و دی‌اکسیدکربن تولیدشده در حجم هوای تهویه‌ای را توسط تجهیزاتی که نسبت CO_2 به O_2 را اندازه‌گیری می‌کند تعیین نمود (۱،۲).

حجم اکسیژن مصرفی (VO_2)، مقدار اکسیژنی است که در حالت‌های مختلف (استراحت تا فعالیت بدنی شدید) مصرف می‌شود و از شاخص‌های مهم در برآورد هزینهٔ انرژی مصرفی در طول فعالیت بدنی محسوب می‌باشد (۳). ازآن‌جایی‌که محاسبهٔ مستقیم حجم اکسیژن مصرفی گران‌قیمت، وقت-گیر و دشوار است، پژوهشگران روش‌ها و معادلات مختلفی را برای برآورد حجم اکسیژن مصرفی طراحی کرده‌اند که غالباً در این معادلات، شیب و سرعت نوارگردان به‌عنوان متغیر مستقل تعریف می‌شود. درحقیقت، جابه جایی افقی و عمودی در این فرمول‌ها، براساس سرعت و شیب موردنظر برآورد شده و در تعیین حجم اکسیژن مصرفی به‌کار می‌رود (۴).

انرژی مصرفی، کار انجام‌شده، برون‌ده توانی و تنظیم شدت برنامهٔ تمرینی آزمودنی، براساس حجم اکسیژن مصرفی برآوردشده تعیین می‌شود؛ ازاین‌رو، برآورد دقیق حجم اکسیژن مصرفی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. پیشرفت‌های اخیر فناوری در علوم ورزشی موجب شده است که تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی حین اجرای آزمون‌های ورزشی به‌راحتی صورت گیرد و این فناوری در آزمایشگاه‌ها و کلینیک‌های تخصصی بیشتری به‌کار برده می‌شود. درمقایسه با روش غیرمستقیم برآورد اکسیژن مصرفی که از میزان کار انجام‌شده برآورد می‌شود، دستگاه تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی می‌تواند عملکرد قلبی ریوی را با دقت و کاربری بالایی ارزیابی نماید. تکنولوژی دستگاه تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی، بسیار بالا بوده و با کالیبره‌کردن سیستم، اجرای پروتکل تمرینی و تفسیر نتایج به‌دست‌آمده با دقت انجام می‌گیرد (۵،۶). تعدادی از روش‌های مورداستفاده برای برآورد اکسیژن مصرفی، معادله-های متابولیکی مخصوص طب ورزشی کالج آمریکا (ACSM)[2] می‌باشد. بخشی از اهداف این

1. Adenosine Triphosphate (ATP)
2. American College of Sports Medicine

مؤسسه، طراحی معادله‌های متابولیکی به‌منظور برآورد متغیرهای کمی فیزیولوژیکی و درنهایت، ارائهٔ برنامه‌های تمرینی منسجم می‌باشد (۷).

نتایج مطالعات گذشته حاکی از آن است که معادلات پیش‌گو برای برآورد حجم اکسیژن مصرفی افراد هنگام دویدن روی نوارگردان، دارای اعتبار بالایی می‌باشد (۱۱ـ۸)؛ به‌عنوان‌مثال، گرین[1] و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که معادلات پیش‌گوی برآورد حجم اکسیژن مصرفی مبتنی‌بر متغیرهای سن، جنس، وزن بدن و سرعت و شیب حرکت، هنگام دویدن به روی نوارگردان از اعتبار بالایی برخوردار است (R^2=0.82). بااین‌حال، باید توجه داشت که آن‌ها پژوهش خود را درون آب انجام دادند که دارای الگوی فعالیت بدنی متفاوتی می‌باشد (۱۲). این درحالی است که هادلی[2] و همکاران (۲۰۱۲) در ارزیابی اعتبار معادلهٔ پیش‌گوی ارائه‌شده توسط گرین و همکاران نشان دادند که این معادله، حجم اکسیژن مصرفی روی نوارگردان را به‌صورت متوسط، ۳/۶ میلی‌لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه کمتر از حد واقعی برآورد می‌کند (۱۳). یافته‌های پژوهش فیگورا[3] و همکاران (۲۰۱۲) نیز حاکی از عدم اعتبار معادلات ACSM در برآورد حجم اکسیژن مصرفی ۱۰ نفر از آزمودنی‌های جوان دختر و پسر غیرفعال بود (۱۴).

همچنین، رویز و شرمن[4] (۱۹۹۹) حجم اکسیژن مصرفی برآوردشده هنگام راه‌رفتن روی نوارگردان با استفاده از معادلات ACSM را با اندازه‌گیری گازهای تنفسی (روش مبنا) مقایسه نمودند و نشان دادند که حجم اکسیژن مصرفی برآوردشده را به‌صورت میانگین، ۴/۷ میلی‌لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه بالاتر از حد واقعی برآورد می‌کند (۱۰). ازسوی‌دیگر، هال[5] و همکاران (۲۰۰۴) و مگرانی[6] و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی مشترک با مقایسهٔ هزینهٔ انرژی مصرفی مردان و زنان فعال ۱۸ تا ۳۰ ساله، با استفاده از معادلات ACSM و (روش مبنا) نشان دادند که هزینهٔ انرژی برآوردشده با معادلات ACSM، از دقت و اعتبار بالایی برخوردار می‌باشد (۸،۱۱).

نگاهی به نتایج متنوع و گاهاً متناقض مطالعات گذشته و نیز همه‌گیربودن استفاده از معادلات ACSM در بین افراد فعال، غیرفعال، جوان و بزرگ‌سال، این سؤال را مطرح می‌کند که آیا برآورد شاخص‌های فیزیولوژیکی از جمله حجم اکسیژن مصرفی در نمونه‌های جوان و پسر ایرانی فعال با دقت کافی انجام می‌شود یا خیر؟ اجرای این پژوهش، امکانی را فراهم می‌سازد تا درصورت نبود هم-گرایی بین دو روش، معادلات برآوردی جدیدی براساس داده‌های حاصل از نمونه‌های جوان و پسر

1. Greene
2. Hadley
3. Figueroa
4. Ruiz and Sherman
5. Hall and
6. Magrani

فعال ایرانی برازش شود؛ بنابراین، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی هم‌گرایی حجم اکسیژن مصرفی برآوردشده با استفاده از معادلات پیش‌گوی پیاده‌روی و دویدن ACSM و روش مبنا (تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی) در افراد فعال و جوان ایرانی به اجرا درآمد.

روش پژوهش

جامعهٔ آماری پژوهش حاضر را مردان جوان ۲۰ تا ۲۸ سالهٔ دانشگاه محقق اردبیلی که از نظر سلامتی عمومی، سالم بوده و بیماری خاصی نداشتند تشکیل دادند که از میان آن‌ها، تعداد ۵۰ نفر (با میانگین ± انحراف معیار سنی ۲/۶۰۹ ± ۲۱/۰۴ سال، قد ۴/۴۸۴ ± ۱۷۶/۷۸ سانتی‌متر و وزن ۵/۸۲۵ ± ۷۰/۱۱ کیلوگرم) به‌صورت داوطلبانه انتخاب گشتند و موردمطالعه قرار گرفتند. شایان‌ذکر است که آزمودنی‌های پژوهش حاضر براساس تکمیل پرسش‌نامه‌ای ویژه و نیز با توجه به شرایط جسمانی و سطح فعالیت روزانه انتخاب شدند.

آزمودنی‌های پژوهش، مردان جوان فعالی بودند که در طول هفته، حداقل سه جلسه تمرین هوازی انجام می‌دادند (دویدن با شدت ۷۰ تا ۷۵ درصد ضربان قلب بیشینه به‌مدت ۶۰ تا ۷۵ دقیقه). داشتن حداکثر اکسیژن مصرفی بالای ۴۰ میلی‌لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه به‌عنوان معیار فعال‌بودن آزمودنی‌ها موردتوجه قرار گرفت. همچنین، تمامی آزمودنی‌ها از نظر سوابق درمانی و بیماری‌ها، مصرف دارو و سیگار (پرسش‌نامهٔ سنجش وضعیت سلامتی و تندرستی)، رژیم غذایی مورداستفاده (پرسش‌نامهٔ ثبت سه روزهٔ مصرف مواد غذایی) و میزان فعالیت بدنی روزانه (پرسش‌نامه بین‌المللی فعالیت بدنی[1]) موردارزیابی قرار گرفته و همگن شدند (۱۵). علاوه‌براین، به‌منظور اطلاع از وضعیت آزمودنی‌ها در ارتباط با عوامل متعدد و اثرگذار بر نتایج مانند مصرف دارو، انجام فعالیت‌های ورزشی مختلف و وضعیت خواب شبانه، از پرسش‌نامهٔ ویژه برای شرکت در اجرای پروتکل تمرینی روی نوارگردان استفاده گردید (۴).

علاوه‌براین، جهت جمع‌آوری داده‌های موردنیاز در مرحلهٔ اول، آزمودنی‌ها فرم‌های مربوط به پرسش‌نامهٔ تندرستی، پرسش‌نامهٔ میزان فعالیت بدنی (پرسش‌نامه بین‌المللی فعالیت بدنی) (۱۵) و فرم رضایت‌نامه را تکمیل نمودند. سپس، متغیرهای قد، وزن و چربی زیرپوستی آن‌ها با استفاده از معادلهٔ لومن[2] اندازه‌گیری گردید (۱۶). قابل‌ذکر است که تمام آزمون‌ها، بعدازظهر و از ساعت ۱۷ لغایت ۱۹:۳۰ در آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی دانشگاه محقق اردبیلی با رطوبت نسبی ۶۲ درصد و دمای ۲۳ درجهٔ سانتی‌گراد انجام شد. در آخرین مرحله و پیش از اجرای پروتکل تمرینی، آزمودنی-

1. Global Physical Activity Questioner
2. Lumen equation

ها به‌مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه با انجام حرکات نرمشی، کششی و دوی نرم، به گرم‌کردن پرداختند و درنهایت، آزمون بیشینهٔ درمانده‌ساز را از سرعت دو کیلومتر بر ساعت تا ۱۸ کیلومتر بر ساعت اجرا کردند (۱۷). جهت اجرای پروتکل درمانده‌ساز، ابتدا آزمودنی‌ها با سرعت دو تا شش کیلومتر بر ساعت به راه‌رفتن می‌پرداختند. سپس، در هر سه دقیقه، سرعت نوارگردان تا مرحلهٔ درماندگی آزمودنی به‌میزان دو کیلومتر بر ساعت افزوده می‌شد. شایان‌ذکر است که در سراسر پروتکل درمانده‌ساز، شیب نوارگردان صفر درجه بود. همچنین، به آزمودنی‌ها توصیه شد که تا ۴۸ ساعت قبل از شرکت در برنامهٔ پژوهش، از انجام هرگونه فعالیت بدنی خودداری نمایند و برنامهٔ متداول فعالیت بدنی، مصرف مواد دارویی و استراحت شبانهٔ خود را حفظ کنند.

علاوه‌براین، به‌منظور جمع‌آوری و برآورد حجم اکسیژن مصرفی، از دو مدل استفاده شد. در مدل اول، ابتدا حجم اکسیژن مصرفی با استفاده از معادلات راه‌رفتن و دویدن ACSM در سرعت‌های مختلف به شرحی که درادامه آمده است برآورد گردید (۹). در این معادله‌ها با استفاده از جابه‌جایی افقی و عمودی، مقدار حجم اکسیژن مصرفی برحسب میلی‌لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه برآورد می‌شود. با توجه به عدم وجود شیب در پروتکل مورداستفاده، در برآورد حجم اکسیژن مصرفی در سرعت‌های دو تا ۱۸ کیلومتر بر ساعت، عامل جابه‌جایی عمودی در معادلهٔ راه‌رفتن ACSM، عدد صفر در نظر گرفته شد. اکسیژن مصرفی هر مرحله (که به‌مدت سه دقیقه به‌طول می‌انجامید) مبتنی‌بر سرعت نوارگردان بر حسب متر بر دقیقه و ضرایب ثابت معادلهٔ راه‌رفتن و دویدن به شرح زیر برآورد شد:

VO_2= [Speed (m.min) × 0.1] + [Speed (m.min) × Grade× 1.8] + 3.5 (معادلهٔ راه‌رفتن ACSM)

VO_2= [Speed (m.min) × 0.2] + [Speed (m.min) ×Grade×0.9] + 3.5 (معادلهٔ دویدن ACSM)

در مدل دوم نیز حجم اکسیژن مصرفی به‌همراه سایر متغیرهای قلبی ـ ریوی و فیزیولوژیکی با استفاده از دستگاه تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی (مدل پاورکیوپ ـ ارگو)[1] ساخت کشور آلمان تعیین گشت. با توجه به این که دستگاه تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی، مقادیر اکسیژن مصرفی را از هر ۱۰ ثانیه محاسبه می‌کند، به‌منظور محاسبهٔ اکسیژن مصرفی هر مرحله (که به‌مدت سه دقیقه به‌طول می‌انجامید)، میانگین اکسیژن مصرفی در این مدت به‌عنوان حجم اکسیژن مصرفی آن مرحله موردتوجه قرار گرفت. همچنین، جهت محاسبهٔ حجم اکسیژن راه‌رفتن از دو تا شش کیلومتر بر ساعت و نیز دویدن از هشت تا ۱۸ کیلومتر بر ساعت، میانگین حجم اکسیژن مصرفی برآوردشده مورداستفاده قرار گرفت. هنگام اجرای آزمون ورزشی مدرج (GXT)[2] تا مرز واماندگی ارادی، حجم

1. Power Cupe-Ergo
2. Graded Exercise Test

اکسیژن مصرفی آخرین مرحلهٔ آزمون به‌عنوان بیشینه حجم اکسیژن مصرفی (VO2max)[1] در نظر گرفته شد (۱۸). درصورت وجود حداقل سه مورد از شرایط زیر، این مرحله به‌عنوان مرحلهٔ درماندگی در نظر گرفته می‌شد: الف. وجود یک فلات در اکسیژن مصرفی با وجود افزایش در بار کار، ب. نسبت تبادل تنفسی (RER)[2] بالاتر از ۱/۱، ج. رسیدن ضربان قلب به ۹۰ درصد بیشینه ضربان قلب (HR_{max})[3] پیش‌بینی‌شده به‌وسیلهٔ سن آزمودنی و د. ناتوانی آزمودنی برای ادامهٔ آزمون و رسیدن به حد واماندگی ارادی.

همچنین، ضخامت چربی زیرپوستی آزمودنی‌ها با استفاده از چربی‌سنج هارپندن[4] و معادلهٔ دو نقطه-ایی لومن برآورد شد. جهت محاسبهٔ شاخص تودهٔ بدن آزمودنی‌ها نیز وزن آن‌ها تقسیم بر مربع قد (متر) آن‌ها شد و به‌منظور اندازه‌گیری قد و وزن، از دستگاه قدسنج و وزن‌سنج استاندارد مدل سکا[5] استفاده گردید. همچنین، به‌منظور محاسبهٔ وزن بدون چربی، درصد چربی بدن در کل وزن بدن ضرب شد و وزن چربی به‌دست آمد. برای محاسبهٔ وزن بدون چربی نیز وزن چربی بدن از وزن کل بدن کسر شد (۱۹).

علاوه‌براین، به‌منظور سنجش توزیع طبیعی داده‌ها از آزمون شاپیرو ـ ویلک استفاده شد و برای بررسی تجانس واریانس‌ها، آزمون لون مورداستفاده قرار گرفت. برای ارزیابی هم‌گرایی بین معادلات راه‌رفتن و دویدن ACSM با روش مبنا نیز از دو آزمون آماری با توان بالا استفاده گردید. دراین-راستا، مدل گرافیکی بلاند ـ آلتمن[6] (۲) و روش آماری ضریب همبستگی درون‌طبقه‌ای[7] (۲۰) مورداستفاده قرار گرفت. همچنین، جهت برازش معادلهٔ ریاضی جدید، معادلهٔ رگرسیون چندمتغیره به‌کار رفت. معناداری بین متغیرها نیز در سطح $P\leq0.05$ در نظر گرفته شد و به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری اس‌پی‌اس‌اس نسخهٔ ۲۰[8] استفاده شد.

نتایج

شاخص‌های جسمانی و ترکیب بدنی آزمودنی‌ها در جدول شماره یک ارائه شده است.

1. Maximum volume of oxygen
2. Respiratory exchange ratio
3. Maximum of Heart Rate
4. Harpenden Skinfold Caliper
5. Seca
6. Bland and Altman
7. Intraclass Correlation Coefficient (ICC)
8. SPSS 20

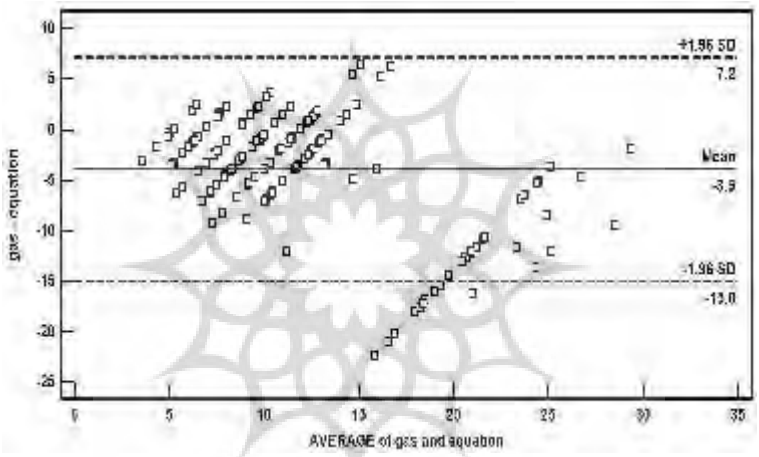
جدول ۱ـ میانگین ± انحراف معیار شاخص‌های فیزیکی و ترکیب بدنی آزمودنی‌ها

شاخص	میانگین ± انحراف معیار
سن (سال)	۲۱/۰۴ ± ۲/۶۱
قد (سانتی‌متر)	۱۷۶/۴۵ ± ۵/۲۴
وزن (کیلوگرم)	۷۰/۱۱ ± ۵/۸۳
شاخص تودهٔ بدن (کیلوگرم بر مجذور قد)	۲۲/۳۶ ± ۳/۲۱
چربی (درصد)	۱۵/۱۳ ± ۵/۱۲
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه)	۵۱/۰۸ ± ۳/۶۷

همان‌طور که مشاهده می‌شود، یافته‌ها نشان می‌دهد که هنگام راه‌رفتن روی نوارگردان با سرعت‌های دو، چهار و شش کیلومتر بر ساعت و با شیب صفر درصد، حجم اکسیژن برآوردشده با استفاده از روش مبنا و معادلهٔ ACSM چندان تفاوتی با یکدیگر ندارد و اختلاف معناداری بین آن‌ها مشاهده نمی‌شود (روش مبنا ۳/۲۵ ± ۱۱/۲۸ میلی‌لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه و معادلهٔ ACSM ۵/۲۷ ± ۱۲/۶۸ میلی‌لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه)؛ هرچند که به‌لحاظ عددی، در تمام سرعت‌های راه‌رفتن، مقادیر برآوردشدهٔ حجم اکسیژن برآوردشده با استفاده از معادلهٔ ACSM درمقایسه با روش مبنا (تجزیه‌و-تحلیل گازهای تنفسی) بالاتر بود (شکل شماره یک).

شکل ۱ـ حجم اکسیژن برآوردشده (میانگین ± انحراف استاندارد) در روش مبنا و معادلهٔ ACSM در راه‌رفتن با سرعت‌های دو تا شش کیلومتر بر ساعت

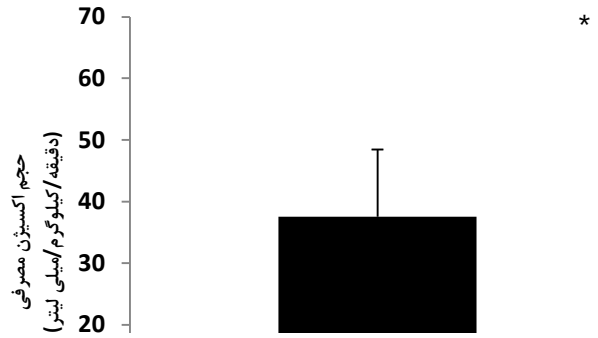
مدل بلاند ـ آلتمن نشان می‌دهد که محدودهٔ تغییرات حجم اکسیژن مصرفی برآوردشده به‌هنگام راه‌رفتن با سرعت‌های مختلف دو، چهار و شش کیلومتر بر ساعت بر روی نوارگردان، به‌ترتیب از ۱۵- تا ۷/۲ میلی‌لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه با دامنهٔ ۱/۹۶± انحراف معیار در نوسان می‌باشد. این درحالی است که میانگین تفاضل دو روش، عدد ۳/۹- میلی‌لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه را نشان می‌دهد. این داده‌ها بیانگر این است که هم‌گرایی متوسطی بین دو روش در برآورد حجم اکسیژن مصرفی وجود دارد. نتایج استفاده از ضریب همبستگی درون‌طبقه‌ای نیز نشان می‌دهد که با لحاظ نمودن اثرات تعاملی بین دو روش[1]، هم‌گرایی متوسطی بین دو روش وجود دارد (شکل شماره دو، ICC= 0.422).



شکل ۲ـ هم‌گرایی حجم اکسیژن برآوردشده با روش مبنا و معادلهٔ ACSM در راه‌رفتن با سرعت‌های دو تا شش کیلومتر بر ساعت

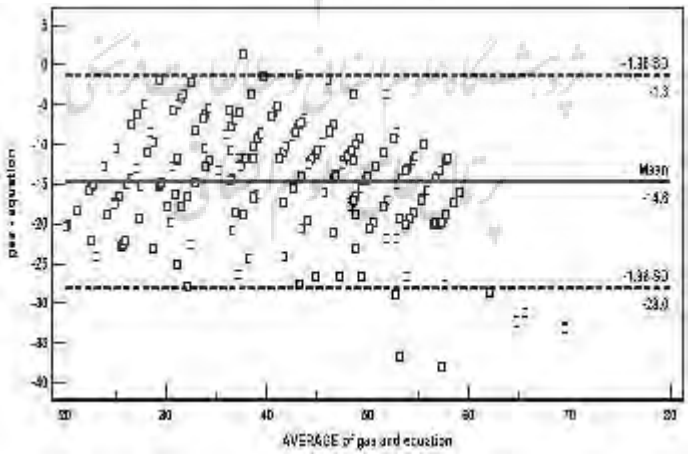
همچنین، حجم اکسیژن برآوردشده هنگام دویدن با سرعت‌های هشت تا ۱۸ کیلومتر بر ساعت روی نوارگردان با استفاده از روش مبنا و معادلهٔ طب ورزشی کالج آمریکا، اختلاف معناداری را نشان می‌دهد (روش مبنا ۱۰/۸۷± ۳۷/۵۷ دربرابر معادلهٔ دویدن ACSM ۱۸/۸۷±۴۹/۱۳ میلی‌لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه، P≤0.001، شکل شماره سه).

1. Two Way Fixed



شکل ۳ـ میانگین ± انحراف استاندارد حجم اکسیژن برآوردشده با استفاده از روش مبنا و معادلهٔ ACSM در دویدن با سرعت‌های هشت تا ۱۸ کیلومتر بر ساعت

استفاده از مدل بلاند ـ آلتمن نشان می‌دهد که محدودهٔ تغییرات حجم اکسیژن مصرفی برآوردشده به‌هنگام دویدن با سرعت‌های مختلف ۸ تا ۱۸ کیلو متر بر ساعت بر روی نوارگردان، از ۲۸- تا ۱/۳- میلی‌لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه در دامنهٔ ۱/۹۶± انحراف معیار در نوسان می‌باشد. این درحالی است که میانگین تفاضل دو روش، عدد ۱۴/۶- میلی‌لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه را نشان می‌دهد. به‌بیان‌دیگر، بین دو روش در برآورد حجم اکسیژن مصرفی، هم‌گرایی وجود ندارد. نتایج استفاده از ICC نیز نشان می‌دهد که اثرات تعاملی بین دو روش، نشانهٔ عدم هم‌گرایی بین دو روش یادشده می‌باشد (ICC=0.045، شکل شماره چهار).



شکل ۴ـ هم‌گرایی حجم اکسیژن برآوردشده با روش مبنا و معادلهٔ ACSM هنگام دویدن با سرعت‌های ۸ تا ۱۸ کیلومتر بر ساعت

به‌طورکلی، یافته‌ها حاکی از آن است که در کلیهٔ سرعت‌های راه‌رفتن و دویدن، حجم اکسیژن مصرفی برآوردشده با استفاده از معادلهٔ ACSM ، بالاتر از روش مبنا (تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی) می‌باشد و هرچه سرعت فعالیت بدنی روی نوارگردان بالاتر می‌رود، حجم اکسیژن برآوردشده با استفاده از معادلهٔ ACSM درمقایسه با روش تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی بیشتر می‌شود (جدول شماره دو).

جدول ۲ـ حجم اکسیژن برآوردشده با استفاده از روش مبنا و معادلهٔ ACSM در سرعت‌های ۲ تا ۱۸ کیلومتر بر ساعت

سرعت (کیلو متر بر ساعت)	۲	۴	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۸
مبنا (میلی لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه)	۸/۰۹	۸/۶۳	۱۴/۳	۲۲/۲۱	۲۸/۳۸	۳۵/۶۱	۴۱/۵	۴۸/۲۴	۴۹/۴۵
ACSM (کیلوگرم/ دقیقه /میلی لیتر)	۹/۱۹	۱۱	۱۸/۲۷	۳۱/۵۱	۳۹/۴۱	۴۷/۴۷	۵۶/۱۹	۵۹/۷	۶۰/۷۹

با توجه به ادبیات پژوهش و درنظرگرفتن عوامل مؤثر بر حجم اکسیژن مصرفی، معادلهٔ رگرسیونی چندمتغیره‌ای براساس داده‌های ۴۹ مورد از ۵۰ پسر ایرانی هنگام راه‌رفتن و دویدن در دامنهٔ سرعتی دو تا ۱۸ کیلومتر بر ساعت، با توجه به سن (سال)، وزن بدن (کیلوگرم)، شاخص تودهٔ بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)، سرعت (کیلومتر بر ساعت) و شیب (درصد) نوارگردان به شرح ذیل برازش شد:

$$VO2\ (ml/kg/min) =$$
$$(\text{شیب})\ 170.795 + (\text{سرعت})\ 2.082 + (\text{شاخص تودهٔ بدن})\ 1.106 - (\text{وزن})\ 0.64 + (\text{سن})\ 0.679 - 6.206 -$$

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف اعتبارسنجی معادلات راه‌رفتن و دویدن ACSM در برآورد حجم اکسیژن مصرفی و به‌عبارت‌دیگر، ارزیابی هم‌گرایی بین حجم اکسیژن مصرفی برآوردشده با استفاده از معادلهٔ ACSM و روش مبنا در مردان فعال و جوان انجام گرفت. نتایج نشان داد که در تمام سرعت‌های راه‌رفتن و دویدن، مقادیر حجم اکسیژن برآوردشده در معادلهٔ ACSM بالاتر از روش مبنا بوده و هر-چه سرعت فعالیت روی نوارگردان بالاتر می‌رود، حجم اکسیژن برآوردشده با استفاده از معادلهٔ ACSM درمقایسه با روش مبنا بیشتر می‌شود. به‌نظر می‌رسد علاوه‌بر سرعت و شیب نوارگردان،

عواملی مانند سن، سطح فعالیت بدنی، شاخص تودهٔ بدنی و جنس آزمودنی‌ها در حجم اکسیژن برآوردشده اثرگذار می‌باشند.

مطالعاتی که در سال‌های اخیر انجام شده‌اند حاکی از آن هستند که در برآورد هزینهٔ انرژی و حجم اکسیژن مصرفی نمی‌توان تنها به سرعت حرکت و شیب نوارگردان بسنده نمود؛ هرچند که این دو متغیر از عوامل مهم در برآورد هزینهٔ انرژی مصرفی و حجم اکسیژن مصرفی محسوب می‌شوند (۴). استون[1] و همکاران نشان دادند که حجم اکسیژن مصرفی به‌هنگام دویدن در فضای روباز، برمبنای سرعت دویدن و شیب زمین موردتوجه قرار می‌گیرد. به‌همین‌ترتیب، در دوچرخه‌سواری نیز برآورد حجم اکسیژن مصرفی براساس بار کار و وزن بدن انجام می‌گیرد (۲۱). کوتلیانوس[2] و همکاران (۲۲) و فیگورا و همکاران (۱۴) نیز عنوان کردند که معادلهٔ ACSM در برآورد حجم اکسیژن مصرفی بیشینه، فاقد اعتبار بوده و لازم است که عوامل دیگری مانند سن و شاخص تودهٔ بدنی نیز مدنظر قرار گیرد. علاوه‌براین، گئورگ[3] و همکاران نشان دادند که متغیرهای بیومتریک، دموگرافیک و سرعت و شیب نوارگردان باید به‌صورت هم‌زمان مورد توجه قرار گیرد (۲۳).

با توجه به استفادهٔ وسیع از معادلات راه‌رفتن و دویدن ACSM ، عدم توجه به متغیرهای اثرگذار مانند سن و شاخص تودهٔ بدنی (۱۴،۲۲) بر حجم اکسیژن مصرفی در حالت استراحت و فعالیت بدنی، برآورد حجم اکسیژن مصرفی براساس معادلات ACSM را شک‌برانگیز می‌نماید. دراین‌راستا، حتی در مطالعاتی که در آن‌ها اعتبار معادلات ACSM نشان داده شده است پیشنهاد شده است که به‌منظور دست‌یابی به مقادیر دقیق، از روش‌های آزمایشگاهی استفاده شود و نمی‌بایست تنها بر داده‌های حاصل از کاربرد معادلات ACSM متکی بود. در پژوهش مارش[4] و همکاران (۲۰۱۲) که با هدف ارزیابی اعتبار معادلهٔ ACSM در برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی انجام گرفت، مشخص شد که به‌منظور دست‌یابی به مقادیر دقیق حداکثر اکسیژن مصرفی، بهتر است از مدل‌های سنجش مستقیم استفاده شود (۲۴).

نکتهٔ حائزاهمیت این است که در معادلات پیش‌گو، نه‌تنها لازم است که عوامل متعدد مانند سن، شاخص تودهٔ بدنی، سطح فعالیت بدنی و سطح آمادگی جسمانی موردتوجه قرار گیرد، بلکه وزن هر-یک از متغیرها نیز می‌بایست بررسی شود. دراین‌زمینه، جونا[5] و همکاران در پژوهشی مقطعی با استفاده از مدل تحلیل مسیر نشان دادند که تأثیر عامل سرعت حرکت در معادلات طب ورزشی

1. Eston
2. Koutlianos
3. George
4. Marsh
5. Cunha

کالج آمریکا، بیش از حد واقعی موردتوجه قرار می‌گیرد و این موضوع باعث می‌شود که حجم اکسیژن مصرفی نیز بیش از اندازهٔ واقعی برآورد شود (۲۵). به‌نظر می‌رسد نادیده‌گرفتن متغیرهای اثرگذار بر حجم اکسیژن مصرفی می‌تواند نتایج را دستخوش تغییرات اساسی نماید. لازم است که سن، وزن، جنس، ژنتیک و عوامل ترکیب بدنی در برآورد حجم اکسیژن مصرفی موردتوجه قرار گیرند (۲۶)؛ زیرا، در مطالعات گوناگون گزارش شده است که اوج اکسیژن مصرفی در افراد، با افزایش سن کاهش می‌یابد. به‌همین‌ترتیب، حداکثر اکسیژن مصرفی در زنان، معمولاً ۱۵ تا ۳۰ درصد کمتر از مردان می‌باشد. عوامل وراثتی و نژادی نیز می‌تواند درحدود ۲۰ تا ۳۰درصد بر - حداکثر حجم اکسیژن مصرفی به‌دست‌آمده از افراد مختلف مؤثر باشد (۲۷). باید توجه داشت که معادلات راه‌رفتن و دویدن طب ورزشی کالج آمریکا، بر روی نمونه‌ها و افراد با ویژگی‌های نژاد آمریکایی ارائه شده است. ازسوی‌دیگر، شاید این اولین مطالعه‌ای باشد که در نمونه‌های پسر فعال و جوان ایرانی به اجرا درآمده است و جهت برآورد حجم اکسیژن مصرفی، نه‌تنها دو معادلهٔ راه‌رفتن و دویدن را ادغام نموده است، بلکه متغیرهایی مانند سن، وزن و شاخص تودهٔ بدنی را موردتوجه قرار داده است. بااین‌حال، شاید بتوان اذعان نمود که گرچه معادلهٔ برازش‌شدهٔ مبتنی‌بر داده‌های پسران فعال و جوان ایرانی ارائه شده است، اما تعداد محدود آزمودنی‌ها از یک سو و انتخاب آزمودنی‌ها از یک طیف خاص (پسران فعال) ازسوی‌دیگر، تعمیم‌پذیری نتایج را همچنان در هاله‌ایی از ابهام قرار داده است. علاوه‌براین، معادلهٔ برازش‌شده، صرفاً برای پسران جوان فعال با دامنهٔ حداکثر اکسیژن مصرفی ۴۰ تا ۶۰ میلی‌لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه کاربرد خواهد داشت.

به‌طورکلی، براساس یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان نتیجه‌گیری نمود که معادلات راه‌رفتن و دویدن ACSM در نمونه‌های پسر جوان فعال ایرانی نمی‌تواند اطلاعات دقیقی را در برآورد حجم اکسیژن مصرفی به‌دست دهد. مقاله حاضر با ارائه معادله رگرسیونی چندمتغیره برای برآورد حجم اکسیژن مصرفی، علاوه بر استفاده از شیب و سرعت نوارگردان که از معادلات ACSM بدست می-آمد، از متغیرهایی مانند شاخص توده بدن، سن و وزن نیز برای برآورد حجم اکسیژن مصرفی استفاده کرده تا برآورد حاصل‌شده نسبت به معادلات ACSM به واقعیت نزدیک‌تر باشد. لذا معادلهٔ رگرسیونی ارائه‌شده می‌تواند به‌عنوان مدل چندمتغیرهٔ معتبری در بین نمونه‌های پسر جوان ایرانی مورداستفاده قرار گیرد.

منابع

1. Wilmore J H, Costill D L. Physiology of sport and exercise. Human Kinetics Publishers; 1994.

2. Bland J M, Altman D G. Agreement between methods of measurement with multiple observations per individual. Journal of Biopharmaceutical Statistics. 2007; 17(4): 571-82.
3. Scharhag-Rosenberger F, Meyer T, Gayler N, Faude O, Kindermann W. Exercise at given percentages of VO2max: Heterogeneous metabolic responses between individuals. Journal of Science and Medicine in Sport. 2010; 13(1): 74-9.
4. American College of Sports Medicine. Guidelines for graded exercise testing and training. Philadelphia: Lea & Febiger; 1991.
5. Lang P B, Latin R W, Berg K E, Mellion M B. The accuracy of the ACSM cycle ergometry equation. Medicine and Science in Sports and Exercise. 1992; 24(2): 272-6.
6. Latin R W, Berg K E, Smith P, Tolle R, Woodby-Brown S. Validation of a cycle ergometry equation for predicting steady-rate VO2. Medicine and Science in Sports and Exercise. 1993; 25(8): 970-4.
7. United States Department of Health. Physical activity and health: A report of the surgeon general. Atlanta: Diane Publishing; 1996.
8. Hall C, Figueroa A, Fernhall B, Kanaley J A. Energy expenditure of walking and running: Comparison with prediction equations. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2004; 36(12): 2128-34.
9. Bassett Jr D R, Giese M D, Nagle F J, Ward A, Raab D M, Balke B. Aerobic requirements of overground versus treadmill running. Medicine and Science in Sports and Exercise. 1985; 17(4): 477-81.
10. Ruiz A, Sherman N W. An evaluation of the accuracy of the American College of Sports Medicine metabolic equation for estimating the oxygen cost of running. The Journal of Strength & Conditioning Research. 1999; 13(3): 219-23.
11. Magrani P, Pompeu F. Equations for predicting aerobic power (VO2) of young Brazilian adults. Arquivos Brasileiros de Cardiologia. 2010; 94(6): 763-70.
12. Greene N P, Greene E S, Carbuhn A F, Green J S, Crouse S F. VO2 prediction and cardiorespiratory responses during underwater treadmill exercise. Research Quarterly for Exercise and Sport. 2011; 82(2): 264-273.
13. Hadley S. Validation of VO2 prediction equations in aquatic treadmill (ATM) exercise; Utah State University. 2012.
14. Figueroa M A, Wicke J, Manning J, Escamilla P, Santillo N, Wolkstein J, et al. Validation of ACSM metabolic equations in an anti-gravity environment: A pilot study. International Journal of Applied Physiology. 2012; 2(7): 37-45.
15. Hallal P C, Andersen L B, Bull F C, Guthold R, Haskell W, Ekelund U, et al. Global physical activity levels: Surveillance progress, pitfalls, and prospects. The Lancet. 2012; 380(9838): 247-57.
16. Siahkouhian M, Hedayatneja M. Correlations of anthropometric and body composition variables with the performance of young elite weightlifters. Journal of Human Kinetics. 2010; 25: 125-31.
17. Siahkouhian M, Meamarbashi A. Advanced methodological approach in determination of the heart rate deflection point: S. Dmax versus L. Dmax methods. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 2013; 53(1): 27-33.
18. Hofmann P, Von Duvillard S P, Seibert J, Pokan R, Wonisch M, Lemura L M, et al. Heart rate performance curve deflection. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2001; 33(10): 1726-37.

19. Siahkouhian M, Hedayatneja M. Correlations of anthropometric and body composition variables with the performance of young elite weightlifters. Journal of Human Kinetics. 2010; 25: 125-31.
20. Portney L G, Watkins M P. Foundations of clinical research: Applications to practice. Prentice Hall: Upper Saddle River; 2015.
21. Eston R, Williams J G, Faulkner J. Control of exercise intensity using heart rate, perceived exertion and other non-invasive procedures. Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual: Tests, procedures and data: Physiology. 3rd ed. London: Routledge; 2009. P. 237-71.
22. Koutlianos N, Dimitros E, Metaxas T, Cansiz M, Deligiannis A, Kouidi E. Indirect estimation of VO2max in athletes by ACSM's equation: Valid or not? Hippokratia. 2013; 17(2): 136.
23. George J D, Bradshaw D I, Hyde A, Vehrs P R, Hager R L, Yanowitz F G. A maximal graded exercise test to accurately predict VO2max in 18–65-year-old adults. Measurement in Physical Education and Exercise Science. 2007; 11(3): 149-60.
24. Marsh C E. Evaluation of the American College of Sports Medicine submaximal treadmill running test for predicting VO2max. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2012; 26(2): 548-54.
25. Cunha F A, Catalão R P, Midgley A W, Gurgel J, Porto F, Farinatti P T. Do the speeds defined by the American College of Sports Medicine metabolic equation for running produce target energy expenditures during isocaloric exercise bouts? European Journal of Applied Physiology. 2012; 112(8): 3019-26.
26. Siahkouhian M, Hovanlou F. Applied cardiorespiratory fitness tests. Rezvani Publication, 2011.
27. Nieman D C. Exercise testing and prescription. A health-related approach; McGraw-Hill Companies. 2003; P. 63-5.

نحوه استناددهی

سیاه‌کوهیان معرفت، عالی‌زاده مهدی، ایمانی آیلار. سنجش اعتبار معادلات راه‌رفتن و دویدن ACSM در برآورد حجم اکسیژن مصرفی در مردان جوان فعال ایرانی. فیزیولوژی ورزشی. تابستان۱۳۹۵؛ ۸(۳۰): ۱۴-۱۰۱.

Siahkouhian M, Alizadeh M, Imani A. ACSM Walking and Running Equations is not Valid for Predicting of VO2 in Iranian Young Men. Sport Physiology. Summer 2016; 8 (30): 101-14.

Assessing the Credit of Walking and Running (ACSM) in the Estimated Volume of Oxygen Consumption in Active Young Iranian Men

M. Siahkouhian[1], M. Alizadeh[2], A. Imani[3]

1. Professor at Mohaghegh Ardabili University of Ardabil*
2. Ph.D Student at University of Tabriz
3. Ph.D Student at Mohaghegh Ardabili University of Ardebil

Received Date: 2015/02/13 **Accepted Date: 2015/09/20**

Abstract

The aim of this study was to assess the agreement between the predicted VO2 by the means of the ACSM walking and running equations and criterion methods in active young men. Fifty active young men were selected as subjects (Mean ± SD Age 21.04 ± 2.069 yrs., Weight 70.11 ± 5.825 kg, Body Mass Index 22.36±3.21 kg/m2 and VO2max 51.08 ± 3.67 ml/kg/min) and completed an exhaustive treadmill test protocol. Walking and running data considered corresponding to the 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, and 18 km/h. Bland-Altman graphical model and Interclass Correlation Coefficient (ICC) statistical tests were used to evaluate the absolute agreement of the two methods for predicted VO2. Findings showed lack of predicted VO2 agreements between ACSM equations and criterion methods during walking and running with the different speeds (walking: ICC= 0.422; ±1.96; 95% CI = -15 to +7.2 ml/kg/min; running: ICC= 0.045; ±1.96; 95% CI = -28 to -1.3 ml/kg/min). Based on the results, it can be concluded ACSM walking and running equations is not valid for predicting of VO2 in the Iranian young boys.

Keywords: ACSM Fuel Equations, Estimated Volume of Oxygen Consumption, Walking, Running, Active Young Men.

*Corresponding Author Email: m_siahkohian@uma.ac.ir