Arshive of SID



# همگرایی معادلات پیشگو در برآورد هزینه انرژی مصرفی با مدل مبنا در آزمون‌های درمانده ساز نوارگردان

**معرفت سیاه کوهیان[۱]✉، الهه ممشلی[۲]**
۱. دانشیار فیزیولوژی ورزشی دانشگاه محقق اردبیلی
۲. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی دانشگاه محقق اردبیلی

**تاریخ دریافت مقاله:۹۴/۱۱/۲۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۱/۲۳**

## چکیده

**هدف** از اجرای پژوهش حاضر، بررسی و مقایسه همگرایی معادلات پیشگو در برآورد هزینه انرژی مصرفی با مدل مبنا در آزمون درمانده‌ساز نوارگردان بود. **روش تحقیق:** تعداد ۵۰ نفر از مردان جوان فعال(با میانگین ± انحراف معیار سنی ۲/۰۶۹±۲۱/۰۴ سال، قد ۴/۴۸±۱۷۶/۷۸ سانتی‌متر، وزن ۵/۸۲۵±۷۰/۱۱ کیلوگرم) به عنوان نمونه انتخاب و آزمون‌های بیشینه درمانده‌ساز نوارگردان را اجرا کردند. تجزیه و تحلیل متغیرهای بیوانرژتیک در طول اجرای پروتکل‌های درمانده‌ساز با استفاده از دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی به فاصله زمانی ده ثانیه جمع آوری شد. برای سنجش همگرایی، مقادیر اکسیژن مصرفی برآورد شده با استفاده مدل مبنا (روش تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی) ومعادلات پیشگوی ACSM، واندروالت، پاندولف، لیگر و اپستین مورد مقایسه قرارگرفتند. برای ارزیابی همگرایی از مدل گرافیکی بلاند – آلتمن و روش همگرایی همبستگی درونی (ICC) استفاده شد. **نتایج:** حاکی از آنبودکه معادله‌یدویدن لیگرهمگرایی بالایی با روش مبنا دارد (لیگر:۱/۹۶± ،۹۵٪CI= ،۲۱/۲- تا ۴/میلی لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه ۲، ۰/۸۹=ICC)و معادلات راه رفتن و دویدن ACSM همگرایی متوسطی با روش مبنا دارند(راه رفتن: ۱/۹۶± ،۹۵٪ =CI، ۸/۱- تا ۴/۷میلی لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه، ۰/۴۸۳۷=ICC؛ دویدن:۱/۹۶±، ۹۵٪ =CI، ۲۷/۶- تا ۳/۳- میلی لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه، ۰/۴۵۳۵=ICC). **نتیجه‌گیری:** براساس نتایج می‌توان گفت که معادلهٔ دویدن لیگر در بین معالادت ارائه شدهدر برآورد حجم اکسیژن مصرفی و به طور نسبی معادلات راه رفتن و دویدن ACSMدر مردان جوان ایرانی می‌تواند به جای روش مبنامورد استفاده قرار گیرد.

**کلید واژه‌ها:** آزمون بیشینهٔ درمانده ساز، متغیرهای بیوانرژیک، معادلات پیشگو، هزینهٔ انرژی مصرفی.

## Agreement among the energy expenditure prediction equations with the criterion model in the exhaustive treadmill test protocols

## Abstract

**Purpose:** The aim of this study was to survey the agreements between the energy expenditure prediction equations with the criterion model in the exhaustive treadmill test protocols in active young men. **Methods:**Fifty active young men were selected as subjects (Mean ± SD Age 21.04 ± 2.069 yrs., Height 176.78 ± 4.484 cm, Weight 70.11 ± 5.825kg) and completed exhaustive treadmill test protocols. Bioenergetical variables during exhaustive protocols using respiratory gas analysis were collected at an interval of ten seconds. To estimate the energy cost and bioenergetical variables,ACSMv, Vander Walt, Pandolf, Léger and Epstein predictive equations for walking and running were considered. Bland-Altman graphical model and Interclass Correlation Coefficient (ICC) statistical tests were used to evaluate the absolute agreement of the methods. **Results:**The results suggest that the Leger equation for running have high agreement with the criterion model (±1.96; CI = 95% -21.2 to 2.4 ml/kg/min; ICC= 0.89)And ACSM walking and running equations have middle-agreement with the criterion model(Walking: ±1.96 ; 95% CI = -8.1to +4.7ml/kg/min,ICC= 0.4837;Running: ±1.96 ; 95% CI = -27.6 to -3.3 ml/kg/min, ICC: 0.4535). **Conclusions:** According to study results it could be concluded that the Leger equations for running and relativelyACSM walking and running equations estimating of $VO_2$ among Iranian active young men can be used as an accurate alternative for the criterion method.

**Keywords**: Maximum exhaustive test, Bioenergetical variables,Prediction equations, Energy expenditure.

✉ **نویسنده مسئول:** معرفت سیاه کوهیان تلفن: ۰۹۱۴۴۵۱۱۴۳۵
اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی
پست الکترونیکی marefat_siahkuhian@yahoo.com

www.SID.ir

Arshive of SID



**مقدمه**

پژوهشگران علوم ورزش همواره به دنبال معیاری جامع برای برآورد شدت تمرینی بوده اند. در بررسی این مسئله متغیرهای بیوانرژیک توجه پژوهشگران را به خود جلب کرده است. شدت فعالیت را می‌توان از میزان سوختی که بدن در زمان فعالیت مصرف می‌کند، تخمین زد. حاصل فعالیت میلیون‌ها سلول بدن مصرف ATP و اکسیژن و تولید دی‌اکسیدکربن است. بنابراین با برآورد ورودی‌ها (ATP مصرفی و اکسیژن جذب شده) و برون‌ده‌های (گرما و دی اکسیدکربن تولیدی) مربوط به انجام فرآیند تنفس سلولی می‌توان به راحتی انرژی مصرفی و به دنبال آن شدت فعالیت را تخمین زد. مقادیر اکسیژن مصرفی، دی‌اکسید کربن تولید شده و گرمای حاصل از سوخت وساز را می‌توان را توسط تجهیزات مربوط به اندازه‌گیری نسبت $CO_2$به $O_2$ و همچنین تجهیزاتی که گرمای تولید شده از مصرف ATP را اندازه‌گیری می‌کنند، تعیین نمود(۱).در محیط آزمایشگاهی، دقیق‌ترین راه برای برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی بدون شک اجرای آزمون ورزشی وامانده‌ساز (GXT)[1] است که بر روی نوارگردان یا دوچرخه کارسنج تا رسیدن به واماندگی اجرا می‌شود و این در حالی است که هوایی که تنفس می‌شود به وسیله دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی مداوم تجزیه و تحلیل می‌شود(۲،۳).

با توجه به این که استفاده از روش‌های مستقیم برآورد متغیرهای بیوانرژیک بسیار سخت، هزینه بر و مستلزم زمان بسیار و تجهیزات تخصصی است، ارائه معادله‌هایی برای پیش بینی دقیق حجم اکسیژن مصرفی ضروری بوده تا مربیان و متخصصان ورزشی که به این تجهیزات دسترسی ندارند، راحت‌تر و دقیق‌تر اطلاعات لازم را برای طراحی برنامه‌های ورزشی داشته باشند(۴). بر این اساس محققین همواره برای برآورد معادلاتی که بتوانند متغیرهای بیوانرژیک را ارزیابی کنند، در تلاش بودند. چندین معادله متابولیکی برای برآورد متغیرهای بیوانرژتیک همانند انرژی مصرفی، کار انجام شده، برون ده توانی و همچنین حجم اکسیژن مصرفی در حین پیاده روی، دویدن و پله و همچنین برای دوچرخه کارسنج پا و دست از موسسات تندرستی و متخصصان حوزه علوم ورزشی منتشر شده است(۵). در این راستا، معادلات پیشگوی راه رفتن و دویدنACSM، واندروالت، پاندولف، لیگر و اپستین از معادله‌های معروفی هستند که به صورت جهان شمول مورد استفاده قرار می‌گیرد و غالبا در ادبیات استناد شده‌اند(۱۰ -۶).

در عین حال، تاکنون راستی آزمایی این معادلات در ادبیات تحقیق هنوز در هاله‌ای از ابهام باقی مانده است و معلوم نیست که آیا این معادلات با روش مبنا همگرایی بالایی دارد یا نه؟

مطالعات گذشته در بررسی اعتبار معادلات پیشگو برای برآوردمتغیرهای بیوانرژیک نتایج ضد و نقیضی را نشان می‌دهند. برای مثال در پژوهشی هال و همکاران[2] در سال ۲۰۰۴ به این نتیجه رسیدند معادلات پیشگو در برآورد انرژی مصرفی نسبت به روش مبنا از اعتبار کافیبرخوردار نیستند. در این میان جدول مک آردل، معادلهٔ اپستین و واندروالت را در برآورد انرژی مصرفی ضعیف دانستند و اظهار کردند برای برآورد انرژی مصرفی دویدن معادلهٔ لیگر و ACSM نسبت به معادلات دیگر مناسب‌تر می‌باشند و برای راه رفتن نتایج حاصل از معادلات پاندوف و ACSM نسبت به معادلات دیگر به روش مبنا نزدیک‌ترند(۱۱). در پژوهشی دیگر کوتلیانوس و همکاران[3] در سال ۲۰۱۲ به این نتیجه دست یافته اند که استفاده از معادلات ACSM در ورزشکاران ۳۷-۱۸ ساله شرکت کننده در رشته‌های ورزشی مختلف، منجر به نتایج نادرست می‌شود. به خصوص معادله دویدن ACSMارزش حداکثر اکسیژن مصرفی را حدود ۱۴/۶ درصد بالاتر از مقدار واقعی آن در ورزشکاران نشان می‌دهد(۱۲).مگرانی و همکارانش[4] در سال ۲۰۱۰، با مقایسه هزینه انرژی مصرفی مردان و زنان فعال برآورد شده با استفاده از معادلات ACSMو روش مبنا، نشان دادند که هزینه انرژی برآورد شده با معادلات ACSM، به روش مبنا نزدیک است و از دقت و اعتبار بالائی برخوردار است(۱۳).

از طرفی مطالعات نشان داده‌اند نژاد عامل بسیار موثری بر میزان اکسیژن مصرفی است(۱۴)، این امر می‌تواند ناشی از عوامل گوناگونی از جمله منطقهٔ جغرافیایی، ابعاد و طول

www.SID.ir

Arshive of SID



شش‌ها، ارتفاع از سطح دریا و غیره باشد. بنابراین، جهان شمول بودن استفاده از این معادلات برای برآورد متغیرهای بیوانرژیک و شدت تمرینی در طیف بزرگی از سنین وابعاد آنتروپومتری این ذهنیت را بوجود می‌آورد که آیا برآورد شاخص‌های فیزیولوژیکی از جمله اکسیژن مصرفی در نمونه‌های ایرانی با دقت کافی انجام می‌شود یا نه؟بر این اساس، در صورتی می‌توان به برآورد حجم اکسیژن مصرفی اعتماد داشت که همگرایی بالایی بین معادلات مورد نظر و روش مبنا نشان داده شود. با توجه به این که انرژی مصرفی، کار انجام شده، برون ده توانی و از این رو، تنظیم شدت برنامه تمرینی آزمودنی براساس حجم اکسیژن مصرفی برآورد شده مشخص و تعیین می‌شود، مشخص نمودن همگرایی و انطباق حجم اکسیژن مصرفی برآورد شده با استفاده از معادلات پیشگوی ارائه شده و مقایسه آنها با روش مبنا که با استفاده از دستگاه دقیق تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی صورت می‌گیرد، اجتناب ناپذیر است. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی و مقایسه همگرایی معادلات پیشگو در برآورد متغیرهای بیوانرژیک با مدل مبنا در آزمون‌های درمانده ساز نوارگردان اجرا شد.

## روش پژوهش

### نمونه های پژوهش

جامعهٔ آماری پژوهش حاضر را که از نوع نیمه تجربی است، کلیه دانشجویان پسر فعال ۲۸-۲۰ دانشگاه محقق اردبیلی که از نظر سلامت عمومی سالم بوده و بیماری خاصی نداشتند تشکیل دادند. از بین آنان، تعداد ۵۰ نفر از مردان جوان فعال (با میانگین ± انحراف معیار سنی ۲/۰۶۹±۲۱/۰۴ سال، قد ۴/۴۸۴±۱۷۶/۷۸ سانتی‌متر، وزن ۵/۸۲±۷۰/۱۱ کیلوگرم) براساس تکمیل پرسش‌نامهٔ ویژه‌ای و با توجه به شرایط جسمانی و سطح فعالیت روزانه به عنوان نمونهٔ تحقیق انتخاب و مورد مطالعه قرار گرفتند. آزمودنی‌های تحقیق حاضر حداقل در طول هفته سه جلسه تمرین هوازی انجام می‌دادند (دویدن با شدت ۷۰ تا ۷۵ درصد ضربان قلب بیشینه به مدت ۶۰ تا ۷۵ دقیقه). داشتن حداکثر اکسیژن مصرفی بالای ۴۰ میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه به عنوان معیار اصلی فعال بودن آزمودنی‌ها مورد تاکید بود. همهٔ آزمودنی‌ها از نظر سوابق درمانیو بیماری‌ها، مصرف دارو، مصرف سیگار (پرسشنامه سنجش وضعیت سلامتی و تندرستی)، رژیم غذایی مورد استفاده (پرسشنامه ثبت سه روزه مصرف مواد غذایی)، میزان فعالیت بدنی روزانه (پرسشنامهGPAQ[۵]) مورد ارزیابی قرار گرفته و همگن شدند(۱۵). به منظور اطلاع از وضعیت آزمودنی‌های تحقیق حاضر در ارتباط با عوامل متعدد و اثرگذار بر نتایج تحقیق مانند مصرف دارو، انجام فعالیت‌های ورزشی مختلف، وضعیت خواب شبانه، از پرسش‌نامهٔ ویژهٔ برای شرکت در اجرای پروتکل تمرینی روی نوارگردان استفاده شد(۱۶).

### روش گردآوری داده‌ها

برای جمع آوری داده‌های مورد نیاز پس از توضیح اهداف در مرحلهٔ اول آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه را تکمیل نمودند. سپس، مشخصات جمعیت‌شناختی همچون قد، وزن و چربی زیرپوستی آزمودنی‌ها با استفاده از معادلهٔ لومن مورد اندازه‌گیری قرار گرفت(۱۵). آزمودنی‌ها در بعد از ظهر از ساعت ۱۷ لغایت ۱۹:۳۰ در آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی دانشگاه محقق اردبیلی با رطوبت نسبی ۶۲ درصد و در دمای ۲۳ درجه سانتی گراد حضور یافتن و به اجرای آزمون پرداختند. این در حالی بود که به آنهاتوصیه شده بود که ۴۸ ساعت قبل از آزمون از انجام هر گونه فعالیت بدنی خودداری نموده و برنامهٔ غذایی متداول و استراحت کافی را حفظ نمایند. در مرحلهٔ بعد، پیش از اجرای پروتکل تمرینی، آزمودنی‌ها به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه با انجام دوی نرم، حرکات نرمشی و کششی، به گرم کردن پرداختند و در نهایت آزمون بیشینه درمانده‌ساز[۶] (GXT)را اجرا کردند(۱۷). برای اجرای پروتکل درمانده ساز، ابتدا آزمودنی‌ها راه رفتن با سرعت ۲ کیلومتر بر ساعت بر روی نوارگردان[۷] ساخت کشور انگلستان آغاز کردند. در ادامه در هر سه دقیقه، ۲ کیلومتر بر ساعت تا رسیدن آزمودنی‌ها به مرحلهٔ درماندگی به سرعت نوار گردان افزوده شد. قابل ذکر است در سرتاسر طول پروتکل درمانده‌ساز شیب نوارگردان صفر درجه بود و بعد از اتمام پروتکل آزمودنی‌ها با راه رفتن و انجام حرکات کششی به مدت ۸ دقیقه به سرد کردن پرداختند.

www.SID.ir

Arshive of SID



**روش برآورد متغیرهای بیوانرژیک**

به منظور جمع آوری و برآورد حجم اکسیژن مصرفی، از دو مدل استفاده شد.در مدل اول، حجم اکسیژن مصرفی به همراه سایر متغیرهای قلبی- ریوی و فیزیولوژیکی با استفاده از دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی[۸] ساخت شرکت گنشرن کشور آلمان بدست آمد. با توجه به این که دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی مقادیر اکسیژن مصرفی را از هر ۱۰ ثانیه نشان می‌دهد، برای محاسبه اکسیژن مصرفی هر مرحله از آزمون که به مدت سه دقیقه به طول می‌انجامید، میانگین اکسیژن مصرفی این بازه‌های زمانی در این مدت به عنوان حجم اکسیژن مصرفی آن مرحله مورد توجه قرار گرفت. میانگین حجم اکسیژن مصرفی در سرعت‌های ۲ تا ۶ کیلومتر بر ساعت برای محاسبه اکسیژن مصرفی راه رفتن و همچنین از ۸ تا ۱۸ کیلومتر بر ساعت، برای برآورد حجم اکسیژن مصرفی دویدن مورد استفاده قرار گرفت. هنگام اجرای آزمونGXTتا زمان واماندگی ارادی، حجم$VO_2$آخرین مرحله آزمون، به عنوان$VO_2max$در نظر گرفته شد(۱۸).احرازحداقل ۳ مورد از شرایط زیر برای رسیدن به مرحله درماندگی ارادی در نظر گرفته شد: الف) یک فلات در اکسیژن مصرفی با وجود افزایش در بار کار؛ ب) نسبت تبادل تنفسی (RER) بالاتر از ۱/۱؛ ج) رسیدن ضربان قلب به ۹۰ درصد $HR_{max}$ پیش بینی شده به وسیله سن آزمودنی؛و د) ناتوانی آزمودنی برای ادامه آزمون و رسیدن به حد واماندگی ارادی.

در مدل دوم متغیرهای بیوانرژیک (کار انجام شده و حجم اکسیژن مصرفی) با استفاده از معادلات پیشگوی راه رفتن ACSM، واندروالت، پاندولف، و معادلات دویدن ACSM، واندروالت، لیگر و اپستین مورد محاسبه قرار گرفتند. قابل ذکر است که با توجه به عدم وجود شیب در پروتکل مورد استفاده، در برآورد متغیرهای بیوانرژیک با استفاده از معادلات ACSM و پاندولف که عامل شیب یکی از مجهولات به کار رفته در این معادلات است، عدد صفر در نظر گرفته شد.از آنجایی که معادلات یک متغیر بیوانرژیک یکسان را برآورد نمی‌کنند ( برای مثال معادلهٔ لیگر مقدار اکسیژن مصرفی را بر اساس میلی لیتر/ کیلوگرم / دقیقه، معادلهٔ پاندولف کار انجام شده را بر اساس ژول بر ثانیه و یا معادلهٔ واندروالت اکسیژن مصرفی را بر اساس لیتر بر دقیقه) براین اساس به منظور قابل مقایسه شدن نتایج بدست آمده از معادلات مختلف همهٔ نتایج را به صورت حجم اکسیژن مصرفی(میلی لیتر/ کلیوگرم/ دقیقه) همگن شدند. متغیرهای بیوانرژیک، هریک از معادلات پیشگوی راه رفتن و دویدن به شرح ذیل برآورد شد.

**ACSM**(۶):

**اکسیژن مصرفی راه رفتن(میلی لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه)** = [۰/۱× (متر/ دقیقه) سرعت ] + [ ۱/۸× (شیب) × (متر/ دقیقه) سرعت] + ۳/۵

**اکسیژن مصرفی دویدن(میلی لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه)** =[۰/۲× (متر/ دقیقه) سرعت ] +[ ۰/۹× (شیب)×(متر/ دقیقه) سرعت] + ۳/۵

**معادلهٔ واندروالت:(۷)**

**اکسیژن مصرفی راه رفتن(لیتر/ دقیقه)** = وزن (کیلوگرم) ×۰/۰۰۵۹۹× (متر/ دقیقه) سرعت$^{۲}$× وزن (کیلوگرم) ×۰/۰۰۰۳۶۶

**اکسیژن مصرفی دویدن(لیتر/ دقیقه)** =-۰/۴۱۹+ وزن (کیلوگرم) ×۰/۰۳۲۵۷× (متر/ دقیقه) سرعت$^{۲}$× وزن (کیلوگرم) ×۰/۰۰۰۱۱۷

**معادلهٔ پاندولف(۸):**

**انرژی مصرفی راه رفتن(ژول/ ثانیه)**=۱/۵ × $W^{۲}$ + ۱/۵ × (متر/ ثانیه) سرعت$^{۲}$ × W

**معادلهٔ لیگر**(۹):

**اکسیژن مصرفی (میلی لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه)** = ۲/۲۰۹ + ۳/۱۶۳۳ × سرعت دویدن (کیلومتر/ ساعت)

**معادلهٔ اپستین**(۱۰):

**هزینه متابولیکی دویدن (ژول/ثانیه)** =W- [۰/۵× [۱ – ۰/۰۱ × (کیلوگرم) وزن لباس‌ها و تجهیزات ] W- [۱۵×(کیلوگرم) وزن لباس‌ها و تجهیزات – مدل(۸۵۰]

www.SID.ir

Arshive of SID



**روش سنجش عوامل ترکیب بدنی**

ابتدا قد و وزن آزمودنی‌ها به وسیلهٔ دستگاه قد و وزن‌سنج استاندارد مدل سکا اندازه‌گیری شد.سپس شاخص تودهٔ بدن آزمودنی‌ها از طریق فرمولوزن تقسیم بر مربع قد (متر) محاسبه شد. ضخامت چربی زیرپوستی آزمودنی‌ها با استفاده از چربی‌سنج هارپندن و معادله دو نقطه‌ای لومن برآورد شدو برای محاسبهٔ وزن بدون چربی، درصد چربی بدن در کل وزن بدن ضرب شد و وزن چربی به‌دست آمد. برای محاسبهٔ وزن بدون چربی، وزن چربی بدن از وزن کل بدن کسر شد (۱۵).

**تحلیل آماری**

پس از جمع‌آوری داده‌ها از آمار توصیفی برای دسته‌بندی‌داده‌ها و محاسبهٔ میانگین و انحراف معیار متغیرها استفاده شدو در بخش آمار استباطی برای سنجش توزیع طبیعی داده‌ها از آزمون شاپیرو - ویلک و برای بررسی تجانس واریانس‌ها از آزمون لون استفاده شد. برای ارزیابی همگرایی بین معادلات پیشگو با روش مبنا، از آزمون‌های آماری با توان بالا مدل گرافیکی بلاند- آلتمن(۱۹) و روش آماری Intraclass Correlation Coefficient (ICC)استفاده گردید(۲۰) و در نهایت برای محاسبه تفاوت میانگین‌ها از آزمون تی مستقل در بین گروه‌ها استفاده شد. از نرم افزارهای SPSS 20در سطح معنی‌داری P<۰/۰۵و MedCalcبرای انجام تجزیه و تحلیل آماری استفاده گردید.

**نتایج**

یافته‌های توصیفی در خصوص ویژگی‌های جسمانی و ترکیب‌بدنی آزمودنی‌ها در جدول۱ ارائه شده است.

یافته‌ها در بررسی همگرایی معادلات مربوط به سرعت‌های پایین با استفاده از مدل گرافیکی بلاند – آلتمن نشان دادند، معادلهٔ راه رفتنACSM نسبت به سایر معادلات به روش مبنا نزدیک‌تر است. به عبارتی محدوده تغییرات حجم اکسیژن مصرفی برآورد شده بین دو روش به هنگام راه رفتن با سرعت‌های مختلف، در دامنه ۱/۹۶± انحراف معیار، از۸/۱-تا ۴/۷میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه متغیر است.

**جدول۱.** میانگین ± انحراف معیار شاخص‌های فیزیکی و ترکیب بدنی آزمودنی‌ها

| شاخص | میانگین ± انحراف معیار |
|---|---|
| سن (سال) | ۲۱/۰۴±۲/۰۶۹ |
| قد (سانتی‌متر) | ۱۷۶/۷۸±۴/۴۸۴ |
| وزن (کیلوگرم) | ۷۰/۱۱±۵/۸۲۵ |
| شاخص توده بدن(کیلوگرم / مجذور قد) | ۲۲/۳۶± ۳/۲۱ |
| چربی (درصد) | ۱۵/۱۳ ±۵/۱۲ |
| حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه) | ۵۱/۰۸±۳/۶۷ |

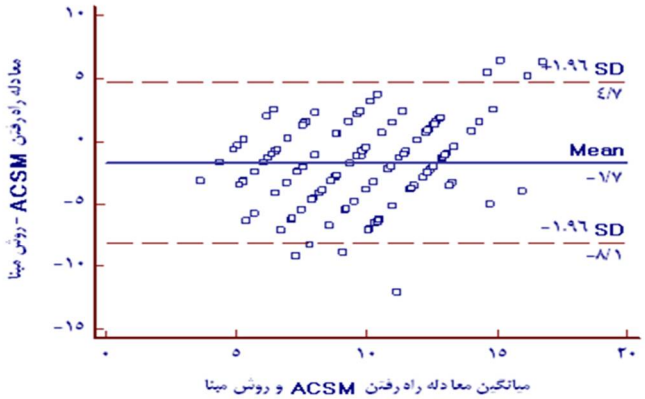
همچنین میانگین تفاضل روش مبنا و معادله ACSMمعادل ۱/۷- میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه است. بنابراین با توجه به چگونگی پراکنش داده‌ها در دامنه ۱/۹۶± انحراف معیار، همگرایی متوسط به بالایی در حجم اکسیژن مصرفی برآورد شده بین دو روشمشاهده شد(ACSM:۱/۹۶±، CI : ۹۵٪، ۸/۱-تا ۴/۷ میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه).از طرفی استفاده از آزمون آماریICC نیز نشان داد که با لحاظ نمودن اثرات تعاملی (Two Way Fixed) همگرایی متوسطی بین دو روش وجود دارد (ICC=۰/۴۸۳۷؛ شکل ۱).

در ادامه، نتایج در بررسی همگرایی معادلات راه رفتن واندروالت و پاندولف با روش مبنا حاکی از همگرایی ضعیف بین دو روش است. به ترتیب، محدوده تغییرات حجم اکسیژن مصرفی برآورد شده به هنگام راه رفتن با سرعت‌های مختلف به روی نوارگردان بین روش مبنا و معادلهٔ راه رفتن واندروالت، از ۴/۵-تا ۹/۳+میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه در دامنه ۱/۹۶± انحراف معیار در نوسان است. این در حالی است که میانگین تفاضل دو روش عدد ۲/۴ میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه را نشان می‌دهد. بنابراین با توجه به نحوهٔ پراکنش داده‌ها همگرایی ضعیفی بیندو روش وجود دارد(واندروالت:۱/۹۶±، CI : ۹۵٪، ۴/۵-تا ۹/۳میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه).در بررسی همگرایی روش مبنا با معادلهٔ پاندولف، محدوده تغییرات حجم اکسیژن مصرفی برآورد شده به هنگام راه رفتن با سرعت‌های مختلف، از ۱۷۶/۸- تا ۱۸/۵ میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه در نوسان می‌باشد. همچنین میانگین تفاضل دو روش، ۷۹/۲- میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه می‌باشد

www.SID.ir

Arshive of SID

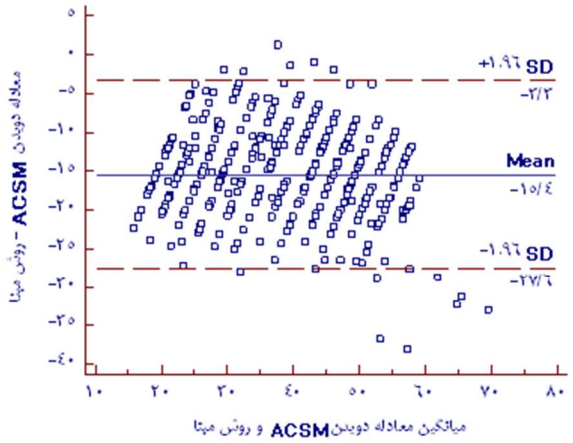





**شکل ۱.** همگرایی بین روش مبنا و معادلهٔ راه رفتن ACSM

که نشانگر انحراف بسیار زیاد از صفر است. در این راستا، چگونگی پراکنش داده‌ها، نیز عدم همگرایی حجم اکسیژن مصرفی برآورد شده بین روش مبنا و معادلهٔ پاندولف را مشخص می‌کند (پاندولف:۱/۹۶± CI : ۹۵٪، ۱۷۶/۸-تا ۱۸/۵+ میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه).به همین ترتیب، نتایج استفاده از روش آماریICC با لحاظ نمودن اثرات تعاملی (Two Way Fixed) حاکی از همگرایی ضعیف حجم اکسیژن مصرفی برآورد شده بین روش مبنا و معادلات راه رفتن واندروالت و پاندولف بود(ICC پاندولف=۰/۰۴۳۹ ؛ ICCواندروالت=۰/۰۷۳۴).

یافته‌های پژوهش حاضر در بررسی همگرایی معادلات مربوط به دویدنبا استفاده از مدل گرافیکی بلاند – آلتمن نشان دادندکه محدوده تغییرات حجم اکسیژن مصرفی برآورد شده به هنگام دویدن با سرعت‌های مختلف به روی نوارگردان بین معادلهٔ لیگر و روش مبناز ۲۲/۶- تا ۱/۸ میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه در دامنه ۱/۹۶± انحراف معیار در نوسان است. این در حالی است که میانگین تفاضل دو روش عدد ۱۰/۴- میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه را نشان می‌دهد. با توجه به نحوه پراکنش داده‌ها، همگرایی نسبتا خوبی بینروش مبنا و معادلهٔ لیگر در برآورد حجم اکسیژن مصرفی وجود دارد(لیگر:۱/۹۶± CI : ۹۵٪، ۲۱/۲- تا ۲/۴ میلی لیتر/ کیلوگرم/دقیقه).همچنین استفاده ازروش آماری ICCنیزحاکی از این است کهبا لحاظ نمودن اثرات تعاملی (Two Way Fixed) همگرایی بالایی بین دو روش وجود دارد(ICC=۰/۸۰۹۴؛ شکل۲).




**شکل۲.** همگرایی حجم اکسیژن برآورد شده از روش مبنا و معادله لیگر

www.SID.ir

Arshive of SID

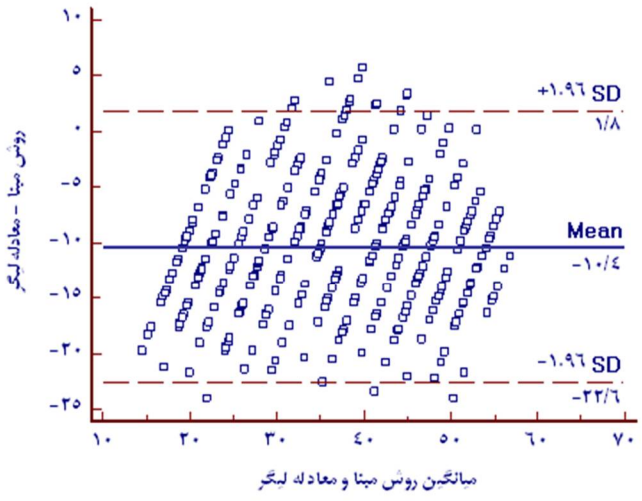


نتایج نشان داد که همگرایی متوسطی بین روش مبنا و معادله‌یدویدنACSMدر برآورد حجم اکسیژن مصرفی وجود دارد؛ به طوری که محدوده تغییرات حجم اکسیژن مصرفی برآورد شده، به ترتیب از ۲۷/۶-تا ۳/۳-میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه در دامنه ۱/۹۶± انحراف معیار در نوسان است. این درحالی است که میانگین تفاضل روش مبنا و معادله‌یACSM عدد ۱۵/۴- میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه را نشان می‌دهد(ACSMدویدن:۱/۹۶± CI : ۹۵٪، ۲۷/۶-تا ۳/۳-میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه).به طور مشابه استفاده از آزمون آماری ICCنیز نشان داد که با لحاظ نمودن اثرات تعاملی (Two Way Fixed)بین دو روش همگرایی متوسطی وجود دارد (ICC=۰/۴۵۳۵؛ شکل۳).با این حال استفاده از مدل گرافیکی بلاند – آلتمن با توجه به نوع و چگونگی توزیع داده‌ها و میانگین تفاضل دو روش حاکی از همگرایی ضعیف معادلات دویدن واندروالت و اپستاین با روش مبنا بود(واندوالت: ۱/۹۶± CI : ۹۵٪، ۱۹/۱-تا ۲۴/۶ میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه؛ اپستاین:۱/۹۶± CI : ۹۵٪، از۰/۲تا ۳۴/۷ - میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه).به طور مشابه دراستفاده از آزمون آماری ICC نیز همگرایی ضعیفی بین معادلات دویدن واندروالت و اپستاین با روش مبنا مشاهده شد(ICC=۰/۰۱۵۲ اپستاین؛ ICC=۰/۰۶۳۸ واندروالت).

## بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف راستی آزمایی معادلات پیشگو در برآورد متغیرهای بیوانرژیک و به عبارت بهتر، ارزیابی همگرایی بین حجم اکسیژن مصرفی برآورد شده با استفاده از معادلات پیشگو و روش مبنا در پسران فعال انجام گرفت. نتایج حاکی از همگرایی ضعیف معادلات واندروالت، پاندولف و اپستین در برآورد متغیرهای بیو انرژیک نسبت به روش مبنا بود. از طرف دیگر، نتایج حاصل از مدل گرافیکی بلاند- آلتمن نشان داد که مقادیر حجم اکسیژن برآورد شده با استفاده از معادله‌یلیگربرایدویدن در مقایسه با روش مبنا نتایج قابل قبولی به دست می‌دهد.همچنین، معادلاتراه رفتن و دویدنACSMنسبت به معادلات دیگر در برآورد حجم اکسیژن به روش مبنا نزدیک‌تر بود.

برخی از مطالعات پیشین دقت معادلات پیشگو نسبت به روش مبنا را نشان نداده‌اند.به طور نمونه کوتلیانوس و همکارانش و همچنین فیگورا و همکارانش[۷]، نشان دادند که معادله ACSM در برآورد حجم اکسیژن مصرفی بیشینه فاقد اعتبار بوده و عوامل دیگری مانند سن و شاخص توده بدنی را نیز باید مد نظر قرارداد(۱۲، ۲۱). جالب توجه است وینت و همکاران[۸] (۲۰۰۲) در برازش معادلهٔ پیشگو $VO_2peak$ برای ورزشکاران وابسته به صندلی چرخ‌دار علاوه بر سرعت از متغیرهایی مانند سن و BMI استفاده کردند و




**شکل ۳.** همگرایی بین روش مبنا و معادلهٔ دویدن ACSM

www.SID.ir

Arshive of SID



به نتایج مثبتی دست یافتند و اظهار داشتند که پیش‌بینی $VO_2peak$ در ورزشکاران امکان پذیر است(۲۲). همچنین ویاند وهمکاران[9] (۲۰۱۳) در بررسی اثر قد بر اکسیژن مصرفی با اندازه‌گیری اکسیژن مصرفی در راه رفتن بر روی تردمیل با سرعت ۱/۹ تا ۴ مایل بر ساعت در ۴ گروه قدی از آزمودنی‌ها (کوتاه، نسبتاً کوتاه، نسبتاً بلند و بلند) به این نتیجه رسیدند مقدار اکسیژن برآورد شده به وسیلهٔ معادلات ACSM که قد را به عنوان یک متغیر شامل نمی‌شود، بزرگ‌تر از مقادیر واقعی است و بیان کردند در صورتی که متغیرهای قد و وزن در برازش معادلات به کار گرفته شود، هزینهٔ انرژی مصرفی راه رفتن می‌تواند با دقت بیشتری برآورد شود(۲۳). گئورگ و همکارنش[10] (۲۰۰۷) نیز نشان دادند که متغیرهای بیومتریک و دموگرافیک باید همزمان با سرعت و شیب نوارگردان مورد توجه قرار گیرد(۲۴). این در حالی است که مارش و همکاران(۲۰۱۲)در کار پژوهشی که با هدف ارزیابی اعتبار معادله ACSM با هدف برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی به اجرا در آمد، نشان دادند که به منظور دستیابی به مقادیر دقیق حداکثر اکسیژن مصرفی بهتر است از مدل‌های سنجش مستقیم استفاده شود (۲۵). در یک کار پژوهشی مقطعی با استفاده از مدل تحلیل مسیر نشان داده شد که تأثیر عامل سرعت حرکت در معادلات ACSM، بیش از حد واقعی مورد توجه قرار می‌گیرد و این موضوع باعث می‌شود که حجم اکسیژن مصرفی بیش از حد واقعی برآورد شود (۲۶). همچنینمعادلات پیشگو برای برآورد اکسیژن مصرفی در جمعیت افراد بیمار هم مورد بررسی قرار گرفته است در این پژوهش آگیوولاستیس و همکاران[11] (۲۰۱۰) در پیش بینی اکسیژن جذب شده درطی راه رفتن روی تردمیل در بیماران مبتلا به مولتیپل اسکلروز بیان کردند در مقایسهٔ VO2 واقعی اندازه‌گیری شده با اسپیرومتری مدار باز با VO2 برآورد شده با استفاده از معادلات پیشگوی ACSM و واندروالت تفاوت قابل ملاحظه‌ای دیده می‌شود به طوری که VO2 برآورد شده به وسیلهٔ هر دو معادله به طور معنی‌داری بالاتر از روش مبنا در همهٔ سرعت‌های به کار رفته وحتی در حالت استراحت است(۲۷).

با توجه به استفاده وسیع از معادلات پیشگو، جای تعجب است که متغیرهای اثرگذار برحجم اکسیژن مصرفی حالت استراحت و فعالیت بدنی نادیده انگاشته می‌شود. همان طور که ادبیات نشان می‌دهد، سن، وزن، جنسیت، ژنتیک و عوامل ترکیب بدنی در برآورد حجم اکسیژن مصرفی می‌تواند اثرگذار باشد(۲۸). در تحقیقات بسیاری گزارش شده است که اوج اکسیژن مصرفی در افراد با افزایش سن کاهش می‌یابد. به همین ترتیب، حداکثر اکسیژن مصرفی در زنان معمولاً ۱۵ تا ۳۰ درصد کمتر از مردان است. عوامل وراثتی و نژادی نیز می‌تواند ۲۰ تا ۳۰ درصد بر روی حداکثر حجم اکسیژن مصرفی بدست آمده از افراد مختلف موثر باشد(۲۹).برای مثال پیوارنیک و همکاراننشان دادند(۱۹۹۵) که حداکثر اکسیژن مصرفی در دختران سیاه پوست به طور معنی‌داری با قد، شاخص تودهٔ بدن و درصد چربی بدن در ارتباط است ولی با سن رابطهٔ معنی‌داری ندارد (۳۰). وسیتولوا و همکارانش[12] (۲۰۰۳)نشان دادند که مقادیر حداکثر اکسیژن مصرفی مطلق به طور مثبت با شاخص تودهٔ بدن، تودهٔ بدون چربی و تودهٔ سلولی بدن در ارتباط است(۳۱).

به طور کلی عدم همگرایی بین معادلات پیشگو و روش مبنا را می‌توان در متغیرهای به کار رفته در برازش معادلات جستجو کرد. به نظر می‌رسدمتغیرهای به کار رفته در برازش این معادلات برای تخمین انرژی مصرفی و حجم اکسیژن جذب شده به تنهایی کافی نبوده و نمی‌توان تنها به سرعت حرکت و شیب نوارگردان بسنده نمود، هرچند که این دو متغیر از عوامل مهم در برآورد هزینه انرژی و حجم اکسیژن مصرفی محسوب می‌شوند. به طور خاص، به کار نبردن متغیرهای اثرگذاری از جمله جنسیت، سن، قد، ضربان قلب، میزان انرژی و اکسیژن مصرفی حالت استراحت، طول قفسهٔ سینه، وزن در برازش معادلات نتایج را دستخوش تغییرات اساسی می‌کند که مستلزم تحقیقات آتی است.

**پی‌نوشت‌ها**

1. Graded exercise test
2. Hall et al.
3. Koutlianos et al.

www.SID.ir

Arshive of SID



4. Magrani et al.
5. Global Physical Activity Questioner
6. graded exercise test
7. Rasmi Electronics Ltd UK
8. PowerCupe–ergo.
9. W (ژول/ ثانیه) =[ ۱/۵ × وزن بدن (کیلوگرم)] + [۲×وزن
× [(بار حمل شده(کیلوگرم)+بدن(کیلوگرم))
وزن بدن(کیلوگرم)÷ بارحمل شده(کیلوگرم)] ۲[+عامل
زمین]×وزن بدن(کیلوگرم))+ [ بار حمل شده(کیلوگرم)
[شیب×(متر/ ثانیه)سرعت×۰/۳۵+ ۲((متر/ثانیه) سرعت)×۱/۵]×
10. Figueroa et al.
11. Vinet et al.
12. Weyand et al.
13. George et al.
14.Agiovlasitis et al.
15. Vsetulova et al.

## منابع


1. Kenney WL, Wilmore J, Costill D. (2015).Physiology of Sport and Exercise 6th Edition: Human kinetics.
2. Astorino T, Willey J, Kinnahan J, Larsson S, Welch H, Dalleck L.( 2005). Elucidating determinants of the plateau in oxygen consumption at o2max. British journal of sports medicine. 39(9):655-660.
3. George JD, Paul SL, Hyde A, Bradshaw DI, Vehrs PR, Hager RL, et al. (2009). Prediction of maximum oxygen uptake using both exercise and non-exercise data. Measurement in Physical Education and Exercise Science. 12-1:(1)13.
4. Lee J-M, Bassett Jr DR, Thompson DL, Fitzhugh EC. (2011). Validation of the Cosmed Fitmate for prediction of maximal oxygen consumption. The Journal of Strength & Conditioning Research. 25(9):2573-2579.
5. Glass S, Dwyer GB, Medicine ACoS. (2007). ACSM'smetabolic calculations handbook: Lippincott Williams & Wilkins.
6. American College of Sports Medicine. (2013). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription: Lippincott Williams & Wilkins.
7. Van der Walt W, Wyndham C. (1973). An equation for prediction of energy expenditure of walking and running. Journal of Applied Physiology. 34(5):559-563.
8. Pandolf K, Givoni B, Goldman R. (1976). Predicting energy expenditure with loads while standing or walking very slowly. J. Appl. Physiol. 43:577-581.
9. Léger L, Mercier D. (1984). "Gross energy cost of horizontal treadmill and track running". Sports medicine. 1(4):270-277.
10. Epstein Y, Stroschein L, Pandolf K. (1987). Predicting metabolic cost of running with and without backpack loads. European journal of applied physiology and occupational physiology. 56(5):495-500.
11. Hall C, Figueroa A, Fernhall B, Kanaley JA. (2004). Energy expenditure of walking and running: comparison with prediction equations. Medicine and science in sports and exercise. 36(12): 2128-2134.
12. Koutlianos N, Dimitros E, Metaxas T, Cansiz M, Deligiannis A, Kouidi E. (2013). Indirect estimation of VO2max in athletes by ACSM's equation: valid or not? Hippokratia. 17(2):136.
13. Magrani P, Pompeu FAMS. (2010). Equations for predicting aerobic power (VO2) of young Brazilian adults. Arquivos brasileiros de cardiologia. 94(6):763-770.
14. Brutsaert TD ,Parra EJ, Shriver MD, Gamboa A, Palacios J-A, Rivera M, et al. (2003). Spanish genetic admixture is associated with larger VO2 max decrement from sea level to 4,338 m in Peruvian Quechua. Journal of applied physiology. 95(2):519-528.
15. Siahkouhian M, Hedayatneja M. (2010). Correlations of anthropometric and body composition variables with the performance of young elite weightlifters. Journal of Human Kinetics. 25:125-31.
16. American College of Sports Medicine. (1991). Guidelines for graded exercise testing and training. Lea & Febiger, Philadelphia.
17. Siahkouhian M, Meamarbashi A. (2013). 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. 53(1):27-33.
18. Hofmann, P, Von Duvillard.S. P, et al. (2001). "Heart rate performance curve deflection". Medicine and Science in Sports and Exercise. 33:1726 -1737


www.SID.ir

Arshive of SID



19. Bland JM, Altman DG. (1999). Measuring agreement in method comparison studies. Statistical methods in medical research. 8(2): 135-160.
20. Bartko JJ. (1966). The intraclass correlationcoefficient as a measure of reliability. Psychological reports. 19(1):3-11.
21. Figueroa MA, Wicke J, Manning J, Escamilla P, Santillo N, Wolkstein J, et al. (2012). Validation of ACSM metabolic equations in an anti-gravity environment: A pilot study. International Journal of Applied. 2(7).
22. Vinet A, Le Gallais D, Bouges S, Bernard P, Poulain M, Varray A, et al. (2002). Prediction of VO (2peak) in wheelchair-dependent athletes from the adapted Leger and Boucher test. Spinal Cord. 40(10):507-512.
23. Weyand. P, Smith. R, Schultz. N,et al. (2013). Predicting metabolic rate across walking speed: one fit for all body sizes? The Journal of Appl Physiol 115: 1332–1342
24. George JD, Bradshaw DI, Hyde A, Vehrs PR, Hager RL, Yanowitz FG. (2007). A maximal graded exercise test to accurately predict VO2max in 18–65-year-old adults .Measurement in Physical Education and Exercise Science. 11(3):149-60.
25. Marsh CE. (2012). Evaluation of the American College of Sports Medicine submaximal treadmill running test for predicting VO2max. The Journal of Strength & Conditioning Research. 26(2): 548-554.
26. Cunha FA, Catalao RP, Midgley AW, Gurgel J, Porto F, Farinatti PT. (2012). 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. 112(8):3019-26.
27. Agiovlasitis S, Motl RW, Fernhall B. (2010). Prediction of oxygen uptake during level treadmill walking in people with multiple sclerosis. Journal of rehabilitation medicine. 42(7):650-5.
28. Nieman DC. (2003). Exercise testing and prescription: a health related approach: McGraw-Hill Companies. 63-65.
29. Siahkouhian M, H. F. (2011). "Applied cardiorespiratory fitness tests
30. Pivarnik JM, Bray MS, Hergenroeder AC, Hill RB, Wong WW. (1995). Ethnicity affects aerobic fitness in US adolescent girls. Medicine and science in sports and exercise. 27(12):1635-8.
31. Vsetulová E, Bunc V. (2003). Effect of body composition on physical fitness and functional capacity in obese women. Casopis lekaru ceskych. 143(11):756-60; discussion 60-1.

www.SID.ir