University of Birjand

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport Research Paper

Summer 2023, 11(26), 8-19

Received: Jun 29, 2021 Revised: Dec 3, 2021 Accepted: Dec 4, 2021

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

Evaluation of non-exercise regression equations in prediction of VO_{2max} in healthy children and adolescents boys: cross-validation of non-native equations by the respiratory gas analysis criterion method

Abbas Rezaee[1,2], Masoud Rahimi[1,2], Majid Jalili[2,3], Farzad Nazem[4*]

1. MSc in Exercise Physiology, Faculty of Sports Sciences, University of Bu-Ali Sina, Hamedan, Iran.
2. Teacher of Physical Education, Education Department of Hamedan Province, Hamedan, Iran.
3. Ph.D in Exercise Physiology, Faculty of Sports Sciences, University of Bu-Ali Sina, Hamedan, Iran.
4. Professor of Department of Exercise Physiology, Faculty of Sports Sciences, University of Bu-Ali Sina, Hamedan, Iran.

Abstract

Background and Aim: Accurate and fast estimation of maximal oxygen uptake (VO_{2max}) as an indicator of cardio-respiratory fitness (CRF) by regression equations without exercise tests in large populations is of great importance in the field of health and sport sciences. Therefore, the aim of this study was to evaluate the cross-validation of the non-native non-exercise (N-EX) regression equations in estimating VO_{2max} of healthy and adolescent boys using the standard method of respiratory gas analysis. **Material and Methods**: This research was a cross-sectional study in which 349 healthy boys children and adolescents (age: 12.49±2.72 year, BMI: 20.13±4.70 kg/m^2 and VO_{2max}: 41.50±6.47 ml/kg/min) were participated. VO_{2max} was measured on a treadmill by the respiratory gas analysis in modified Bruce exercise test (criterion method) and then estimated by three non-native N-EX regression equations. To evaluate the cross-validation the validity of the N-EX regression equations, Pearson correlation, paired sample t-test and Bland-Altman agreement were used for extraction of results. **Results**: A significant correlation was observed between VO_{2max} measured by criterion method and N-EX equations (R=0.63 - 0.73, p<0.01). However, a significant difference (p<0.01) was observed between VO_{2max} of criterion method and predicted VO_{2max} by N-EX regression equations (mean difference=6.4–11.69 ml/kg/min). Also, the Bland-Altman plot showed low agreement between measured and predicted VO_{2max}. **Conclusions**: The non-native N-EX regression equations studied in the present research do not have the necessary accuracy to estimate the VO_{2max} of in healthy children and adolescent boys. Therefore, it seems necessary to verify foreign N-EX VO_{2max} regression equations before use in the Iranian population.

Keywords: Cardio-respiratory fitness, Regression equations, Comprehensive health studies.

Cite this article:
Rezaee, A., Rahimi, M., Jalili, M., & Nazem, F. (2023). Evaluation of non-exercise regression equations in prediction of VO_{2max} in healthy children and adolescents boys: cross-validation of non-native equations by the respiratory gas analysis criterion method. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, 11***(26), 8-19.**

***Corresponding Author, Address: Department of Exercise Physiology, Faculty of Sports Sciences, University of Bu-Ali Sina, Hamedan, Iran;**
Email: f.nazem1336@gmail.com

https://doi.org/10.22077/jpsbs.2022.4956.1690

Copyright: © 2022 by the authors. Licensee **Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport (JPSBS)**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

نشریه مطالعات کاربردی علوم‌زیستی در ورزش
مقاله پژوهشی
تابستان ۱۴۰۲، دوره ۱۱، شماره ۲۶، ص ۱۹-۸
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۰۸ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۳
دانشگاه بیرجند

ارزیابی معادله های رگرسیونی بدون آزمون ورزشی در برآورد VO_{2max} پسران سالم کودک و نوجوان: راستی آزمایی معادلات غیر بومی به روش معیار تحلیل گازهای تنفسی

عباس رضایی[۲،۱]، مسعود رحیمی[۲،۱]، مجید جلیلی[۳،۲] ، فرزاد ناظم[۴*]

۱ . کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، همدان، ایران.
۲. معلم تربیت بدنی، اداره آموزش و پرورش استان همدان، همدان، ایران.
۳. دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، همدان، ایران.
۴. استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، همدان، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: برآورد دقیق و سریع حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2max}) به عنوان شاخص آمادگی قلبی - تنفسی (CRF)، بوسیله معادلات رگرسیونی بدون آزمون ورزشی در جمعیت های بزرگ از اهمیت بالایی در حوزه سلامت و علوم ورزشی برخوردار است. بنابراین هدف پژوهش حاضر، ارزیابی معادلات رگرسیونی بدون آزمون ورزشی غیر بومی در برآورد VO_{2max} پسران سالم کودک و نوجوان به روش معیار تحلیل گازهای تنفسی می باشد. **روش تحقیق**: این تحقیق از نوع مقطعی بود که در آن ۳۴۹ پسر سالم کودک و نوجوان با میانگین سنی ۲/۷۲±۱۲/۴۹ سال، شاخص توده بدن ۴/۷۰±۲۰/۱۳ کیلوگرم/متر مربع و VO_{2max} معادل ۶/۴۷±۴۱/۵۰ میلی لیتر/کیلوگرم/ دقیقه شرکت کردند. VO_{2max} آزمودنی ها بر روی نوارگردان به روش تحلیل گازهای تنفسی در آزمون ورزشی بروس تعدیل شده اندازه گیری (روش معیار) شد و سپس به بوسیله معادلات رگرسیونی بدون آزمون ورزشی غیر بومی، برآورد گردید. برای ارزیابی دقت معادلات بدون آزمون ورزشی، از روش ضریب همبستگی پیرسون، آزمون t همبسته و توافق بلاند - آلتمن استفاده شد. **یافته‌ها**: همبستگی معنی داری بین VO_{2max} اندازه گیری شده به روش معیار و روش برآورد شده بوسیله معادلات رگرسیونی بدون آزمون ورزشی بدست آمد (p< ۰/۰۱، ۰/۷۳ – R=۰/۶۳). با این حال، اختلاف معنی داری (p<۰/۰۱) بین VO_{2max} روش معیار و معادلات رگرسیونی بدون آزمون ورزشی (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه ۱۱/۶۹- ۶/۴ = میانگین اختلاف) مشاهده شد. همچنین نتایج نمودار بلاند - آلتمن حاکی از توافق ضعیف معادلات رگرسیونی غیر بومی با روش معیار بود. **نتیجه‌گیری**: معادلات رگرسیونی بدون آزمون ورزشی غیر بومی مورد پژوهش در مطالعه حاضر، از دقت لازم جهت برآورد CRF دانش آموزان ایرانی برخوردار نیستند. بنابراین، راستی آزمایی معادلات غیر بومی قبل از استفاده در جمعت ایران لازم به نظر می رسد.

واژه‌های کلیدی: آمادگی قلبی - تنفسی، معادلات رگرسیونی، مطالعات فراگیر تندرستی.

* نویسنده مسئول، آدرس: همدان، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی؛
پست الکترونیک: f.nazem1336@gmail.com
https://doi.org/10.22077/jpsbs.2022.4956.1690

مقدمه

آمادگی قلبی - تنفسی[1] (CRF) به عنوان شاخص طلایی در سنجش سلامتی عمومی بدن و پیش بینی بیماری های قلبی-عروقی گزارش شده است، به طوری که اخیراً از آن به عنوان شاخص تعیین کننده در نرخ سلامتی و مرگ و میر و عامل خطر بسیاری از بیماری ها، بویژه در بیماری های قلبی - تنفسی یاد شده است (کاکینناز[2] و دیگران، ۲۰۱۸). به همین دلیل، اندازه گیری این شاخص در حوزه های ورزش، بازتوانی و مطالعات همه گیر شناسی؛ مورد توجه می باشد (افضل پور و دیگران، ۲۰۲۰؛ کامیزکی[3] و دیگران، ۲۰۱۹). بنابراین، ارزیابی معتبر CRF یک استراتژی مهم در مسیر مدیریت ارتقای سطح فیزیولوژیک بدن، پیشگیری و کنترل بهینه برخی بیماری های مزمن آتی می باشد (کیبرلین[4] و دیگران، ۲۰۱۵). در حوزه کودکان و نوجوانان که قشر وسیعی از جامعه را تشکیل می دهند، اندازه‌گیری و پایش منظم سطح CRF دانش آموزان می تواند مبنایی برای برنامه ریزی های کلان مدیران حوزه سلامت باشد، به گونه ای که حفظ و ارتقای سطح CRF کودکان و نوجوانان، می تواند منجر به تداوم و ارتقای این شاخص در سنین بزرگسالی شود (جانکوسکی[5] و دیگران، ۲۰۱۵).

عامل CRF به توانایی فعالیت دستگاه های قلب، رگ ها، خون، ریه ها و عضلات اسکلتی بدن در انواع مختلف فعالیت های بدنی و ورزشی اشاره دارد و با شاخص کمّی و فیزیولوژیک حداکثر اکسیژن مصرفی[6] (VO_{2max}) به صورت مطلق (لیتر/دقیقه) و یا نسبی (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه) بیان می شود (گیبسون[7] و دیگران، ۲۰۱۸). متخصصان علوم ورزشی، بهداشت و سلامت، مبادرت به اندازه گیری CRF با استفاده از روش های مختلف نموده اند. در این میان، روش استاندارد و معیار اندازه گیری CRF، اندازه گیری مستقیم VO_{2max} با دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی حین آزمون های ورزشی استاندارد[8] (GXT) بر روی نوارگردان یا چرخ های کارسنج می باشد (ریبه[9] و دیگران، ۲۰۱۸). این قسم آزمون ها، در عین اختصاصی بودن و حساسیت بالا، نیازمند صرف زمان زیاد، تجهیزات پیچیده، تکنسین های ماهر و تحلیل پیچیده گازهای تنفسی می باشند. با این حال، استفاده از این روش آزمایشگاهی استاندارد در اغلب موارد در مراکز آموزشی مانند مدارس، سالن های ورزشی و حتی مراکز بهداشت و سلامت؛ امکان پذیر نیست. برای برون رفت از این مسئله دو راهکار وجود دارد؛ یکی برآورد VO_{2max} بوسیله آزمون های ورزشی (جلیلی و دیگران، ۲۰۱۸) و دیگری بدون آزمون ورزشی با معادلات رگرسیونی (وانگ[10] و دیگران، ۲۰۱۹).

برآورد VO_{2max} با آزمون های ورزشی، نیازمند فضای ورزشی، صرف زمان طولانی برای اندازه گیری و البته، حضور متخصصان ورزشی می باشد. با وجود این که آزمون‌های ورزشی از دقت و حساسیت نسبتاً بالایی در برآورد VO_{2max} برخوردارند، اجرای آن ها در جمعیت های گسترده یا مطالعات همه گیر شناسی با نمونه آماری زیاد، بسیار وقت گیر می باشد. این مشکل اجرایی در پژوهش‌های با نمونه آماری بزرگ، بسیار مشهود است (مارانهاو نتو و فاریناتی[11]، ۲۰۰۳). به عبارت دیگر، محدودیت های زمان و امکانات اجرایی، برآورد VO_{2max} نمونه مورد مطالعه را بوسیله آزمون های ورزشی محدود می کند (وانگ و دیگران، ۲۰۱۹). بنابراین، برآورد VO_{2max} بوسیله معادلات بدون ورزش[12] می تواند یک راهکار علمی مناسب در نظر گرفته شود.

در روش معادلات بدون ورزش، VO_{2max} افراد بدون اجرای آزمون ورزشی بیشینه یا غیر بیشینه، صرفاً با استفاده از متغیرهای مرتبط با استقامت قلبی - تنفسی (مانند؛ سن، وزن، شاخص توده بدن، درصد چربی بدن، مقدار فعالیت بدنی و ضربان قلب استراحت) بوسیله معادلات رگرسیونی برآورد می شود (وانگ و دیگران، ۲۰۱۹؛ دنکر[13] و دیگران، ۲۰۱۱؛ اسچنبر[14] و ریبه، ۲۰۱۱؛ کابانا‌ز[15] و دیگران، ۲۰۲۰). باید اذعان کرد که مهم ترین مزیت معادلات رگرسیونی بدون آزمون ورزشی این است که این امکان را برای پژوهشگران فراهم می کند که در زمان محدود و با کمترین امکانات، VO_{2max} نمونه آماری را برآورد نمایند؛ به طوری که از این تکنیک می توان به ویژه در مطالعات همه گیر شناسی جهت ارزیابی سطح CRF جمعیت‌های گسترده بهره برد (کاردینال[16]، ۱۹۹۶). این تکنیک با ویژگی هایی از جمله عدم نیاز به پرسنل متخصص، ایمن‌تر بودن، ساده‌تر بودن، سریع و کم هزینه‌تر بودن از آزمون‌های ورزشی معرفی شده اند. بنابراین، به نظر می رسد که استفاده از معادلات رگرسیونی بدون آزمون ورزشی، مناسب‌ترین گزینه برای برآورد VO_{2max} در جمعیت‌های گسترده می‌باشد (جورکا[17] و دیگران، ۲۰۰۵).

1. Cardiorespiratory fitness
2. Kokkinos
3. Kaminsky
4. Kaminsky
5. Jankowski
6. Maximal oxygen uptake
7. Gibson
8. Graded exercise test
9. Riebe
10. Wang
11. Maranhao Neto & Farinatti
12. Non-exercise VO2max prediction equations
13. Dencker
14. Schembre
15. Cabanas
16. Cardinal
17. Jurca

علیرغم مزیت ها و نقاط قوت معادلات برآورد VO_{2max} بدون آزمون ورزشی، چند نکته مهم هنگام استفاده از معادلات غیر بومی برآورد VO_{2max} بدون آزمون ورزشی باید لحاظ شود. یکی این که معادله مورد استفاده باید مربوط به دامنه سنی مورد مطالعه باشد و ضمناً در جمعیت مورد مطالعه، اعتبار سنجی هم شده باشد. رعایت این دو نکته کاربردی منجر به صحت و اعتماد به VO_{2max} برآورد شده در جمعیت مورد مطالعه خواهد شد (وانگ و دیگران، ۲۰۱۹). در این زمینه، پژوهش فلاح عمران و گائینی (۲۰۰۶) بر روی ۳۰ زن بسکتبالیست ۱۶ تا ۲۹ ساله نشان داده که معادله رگرسیونی بدون آزمون ورزشی غیر بومی، از اعتبار بالایی در این نمونه آماری برخوردار است؛ به طوری که همبستگی بالایی بین VO_{2max} اندازه گیری شده به روش تحلیل گازهای تنفسی در آزمون بروس و معادله منتخب بدون آزمون ورزشی مشاهده شده است (R=۰/۷۶). همچنین مطالعه مومنی فر (۲۰۰۶) بر روی ۵۰ زن و مرد ۱۸ تا ۳۲ ساله والیبالیست، حاکی از وجود همبستگی قوی بین VO_{2max} برآورد شده در آزمون نوارگردان بروس و معادله منتخب بدون آزمون ورزشی می باشد (R=۰/۵۱). دلاوری (۲۰۱۰) معادلات منتخب بدون آزمون ورزشی را در ۲۸ دانش‌آموز دختر فعال ۱۵ تا ۱۹ ساله شهر تهران اعتبارسنجی کرده و نشان داده که بین VO_{2max} اندازه‌گیری شده به روش تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی در آزمون نوارگردان و معادلات منتخب بدون آزمون ورزشی، همبستگی معنی داری در دامنه متوسط تا قوی وجود دارد (۰/۵۵ - R=۰/۴۸). با این حال، در پژوهش های داخلی یاد شده فقط از روش آماری همبستگی پیرسون[1] به منظور ارزیابی روایی معادلات بدون آزمون ورزشی استفاده شده است؛ در حالی که به نظر می‌رسد روش آماری همبستگی پیرسون به تنهایی نمی‌تواند ملاک روایی و صحت یک آزمون باشد و روش های آماری تکمیلی نیز مورد نیاز هستند (اتکینسون و نویل[2]، ۱۹۹۸). غفاری و دیگران (۲۰۱۴) اعتبار معادلات بدون ورزش را بر روی ۳۰ زن فعال ۲۰ تا ۳۰ ساله به روش تحلیل گازهای تنفسی در آزمون فزآینده ورزشی ارزیابی کرده و نشان داده اند با وجود همبستگی معنی دار (R=۰/۹۰) بین دو روش، اختلاف میانگین های VO_{2max} به دست آمده در روش های معیار و معادلات غیر بومی بدون ورزش، تفاوت معنی داری ندارند. همچنین، مالک[3] و دیگران (۲۰۰۴) اعتبار معادلات رگرسیونی برآورد VO_{2max} بدون آزمون ورزشی را در ۱۴۲ مرد و زن ورزشکار ارزیابی نموده و گزارش کرده‌اند که در نمونه مورد مطالعه آن ها، اغلب معادلات دارای اختلاف بیش از ۲۰ درصد در برآورد VO_{2max} در مقایسه با روش معیار آزمایشگاهی می باشند.

در حوزه کودکان و نوجوانان، مطالعات محدود صورت گرفته که حاکی از امکان برآورد VO_{2max} بوسیله معادلات بدون آزمون ورزشی می باشد (اردمن[4] و دیگران، ۱۹۹۹؛ بونن[5] و دیگران، ۱۹۷۹). در این معادلات، VO_{2max} کودکان و نوجوانان سالم بدون اجرای آزمون های ورزشی و فقط با استفاده از متغیرهای ساده مانند سن، قد، وزن و شاخص توده بوسیله معادلات رگرسیونی؛ قابل برآورد است. در این زمینه، مطالعه بونن و دیگران (۱۹۷۹) نشان داده‌اند که VO_{2max} پسران سالم با استفاده از معادله رگرسیونی بدون آزمون ورزشی، با متغیرهای سن، قد و وزن (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه SEE=۴/۴، R^2=۰/۲۷) قابل برآورد است. همچنین، مطالعه اردمن و دیگران (۱۹۹۹) در ایالات متحده روی پسران نشان داده که VO_{2max} بوسیله معادله های رگرسیونی بدون آزمون ورزشی، با استفاده از متغیر شاخص توده بدن (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه SEE=۵/۵۸ ، R^2=۰/۶۹) یا درصد چربی بدن (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه SEE=۴/۷۲، R^2=۰/۷۹) قابل برآورد است.

نکته قابل تامل در معادلات غیر بومی بدون آزمون ورزشی این است که این دست معادلات در نمونه آماری متفاوت از جامعه ایرانی طراحی شده اند و این، قابلیت تعمیم پذیری آن ها را در جامعه ایران با ویژگی های نژادی، جغرافیایی و فرهنگی مخصوص به خود محدود می کند. مطالعات قبلی نیز بر این نکته تاکید کرده اند که استفاده از معادلات بدون آزمون ورزشی غیر بومی، ممکن است منجر به برآورد نادرست (بیش تخمینی یا تخمین کمتر) VO_{2max} در دیگر جمعیت ها شود (مارانهاو نتو و فارناتی، ۲۰۰۳؛ وانگ و دیگران، ۲۰۱۹). به عبارت دیگر، استفاده از معادلات نامعتبر می تواند نتایج مطالعات پژوهشی راجع به برآورد VO_{2max} را مخدوش کند. بنابراین، بر مبنای روش های علمی، قبل از استفاده معادلات رگرسیونی غیر بومی در هر جمعیتی، می بایست اعتبار و صحت معادلات ارزیابی گردد (هینکل[6] و دیگران، ۲۰۰۳).

در ایران تا کنون روایی و اعتبار برآورد VO_{2max} به روش معادلات بدون آزمون ورزشی در دانش آموزان پسر در دامنه سنی کودک و نوجوان که طیف وسیع سنی ۸ تا ۱۷ سال را در بر می گیرد، انجام نشده است. با توجه به این که برآورد سریع VO_{2max} دانش آموزان ایرانی در سطح

1. Pearson correlation
2. Atkinson and Nevill
3. Malek
4. Erdmann
5. Bonen
6. Hinkle

گسترده می تواند اطلاعات ارزشمندی راجع به سطح CRF در اختیار پژوهشگران و افرادی که با دانش آموزان سر و کار دارند، قرار دهد؛ ارزیابی صحت و دقت این دست معادلات غیر بومی باعث می شود تا پژوهشگران ایرانی قادر باشند با اطمینان خاطر از معادلات غیر بومی جهت برآورد VO_{2max} بدون استفاده از آزمون ورزشی در مطالعات فراگیر با جمعیت زیاد، استفاده کنند. بنابراین، هدف پژوهش حاضر اعتبار سنجی معادلات غیر ورزشی غیر بومی منتخب در برآورد VO_{2max} دانش آموزان پسر سالم کودک و نوجوان (مقاطع تحصیلی ابتدایی، متوسطه اول و دوم) شهر همدان می باشد.

روش تحقیق

در این مطالعه مقطعی و کاربردی، ۳۴۹ دانش آموز پسر سالم ۸ تا ۱۷ ساله به طور داوطلبانه شرکت کردند. جامعه آماری شامل دانش آموزان سالم شاغل به تحصیل در مدارس شهر همدان بود. پس از هماهنگی با مدیریت اداره آموزش و پرورش نواحی یک و دو شهر همدان، تعداد ۱۰ مدرسه در مقاطع تحصیلی ابتدایی، متوسطه اول و دوم بصورت خوشه ای از نقاط مختلف جغرافیایی شهر انتخاب شد. ابتدا پرسشنامه سلامتی محقق ساخته و پرسشنامه آمادگی فعالیت بدنی[1] (PARQ) (ریبه و دیگران، ۲۰۱۸) به دانش آموزان ارائه گردید و از آن ها خواسته شد آن را با مشورت والدین خود تکمیل نمایند. ملاک ورود به مطالعه، عدم ابتلا به بیماری‌های مرتبط با مشکلات قلبی- عروقی، تنفسی، عصبی - عضلانی، آناتومیکی و متابولیکی در دانش آموزان بود که در زمان توزیع فرم رضایت نامه به دانش آموزان توضیح داده شد. بنابراین، دانش آموزان دارای هر یک از بیماری ها ذکر شده فوق، از طرح خارج شدند. پژوهش حاضر توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی همدان تایید شد (کد کمیته اخلاق: IR.BASU.REC.1398.006). همچنین نامه کتبی جهت تایید سلامتی کامل و رضایت جهت شرکت دانش آموزان در مطالعه، از والدین دانش آموزان با امضا و اثر انگشت اخذ گردید.

در آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی، متغیرهای سن، قد، وزن و شاخص توده بدن به روش استاندارد اندازه گیری شدند. برای اندازه قد و وزن دانش آموزان، به ترتیب از قد سنج دیواری و ترازوی دیجیتال استفاده شد. شاخص توده بدن آزمودنی ها از تقسیم وزن بدن (کیلوگرم) بر مجذور قد (متر) محاسبه شد (ریبه و دیگران، ۲۰۱۸). درصد چربی بدن با استفاده از مدل دو نقطه ای (ناحیه تحت کتفی و پشت بازو) با بهره گیری از معادله اسلاتر[2] و دیگران (۱۹۸۸) برآورد گردید. به منظور اندازه گیری ضربان قلب استراحت، از آزمودنی ها خواسته شد به مدت ۱۰ دقیقه راحت بر روی صندلی بنشینند. در انتهای این زمان، ضربان قلب استراحت با استفاده از دستگاه ضربان سنج شرکت ریشتر[3] ساخت آلمان اندازه گیری شد.

به منظور اندازه گیری CRF به روش معیار، VO_{2max} آزمودنی‌ها با آزمون ورزشی تعدیل شده بروس (۱۹۷۳) و با کمک دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی اندازه‌گیری شد. ابزار مورد استفاده در این آزمون ورزشی فزآینده شامل نوارگردان شرکت ساتورن[4] و دستگاه سنجش و تحلیل گازهای تنفسی شرکت کنشورن[5] (هر دو ساخت آلمان) بود. گازهای تنفسی حین اجرای آزمون ورزشی تعدیل شده بروس بوسیله ماسک لاستیکی متناسب با اندازه سر و صورت آزمودنی ها، محصول شرکت هانس رادولف[6] ایالات متحده جمع آوری گردید و سپس بوسیله دستگاه خودکار تحلیل گر گازهای تنفسی مورد بررسی قرار گرفت؛ به‌طوری که در هر ۱۰ ثانیه، سنجش متغیرهای تنفسی ثبت شد و در نمایشگر متصل به دستگاه قابل مشاهده و ذخیره گردید. ضربان قلب آزمودنی ها به طور پیوسته در طول اجرای آزمون با ضربان سنج پولار[7] ساخت آلمان ثبت شد، به گونه ای که در نرم‌افزار نوارگردان در نمایشگر به منظور پایش شدت فعالیت آزمودنی ها، در هر لحظه قابل مشاهده بود. زمان پایان آزمون فزآینده تعدیل شده بروس و تعیین VO_{2max} هنگامی مشخص می‌شد که در آزمودنی حداقل دو گزینه از چهار ملاک ذیل، مشاهده شود؛ ۱) رسیدن به ضربان قلب بالاتر از درصد حداکثر ضربان قلب محاسبه شده مطابق رابطه تاناکا[8] و دیگران (۲۰۰۱)، ۲) نسبت تبادل تنفسی[9] بزرگ تر از ۱/۱، ۳) مشاهده عدم تعادل در دویدن، ۴) واماندگی ارادی آزمودنی و امتناع از ادامه کار علیرغم تشویق های کلامی آزمونگر (وینتر[10] و دیگران، ۲۰۰۶). برای تعیین VO_{2max} واقعی، میانگین بیشترین اکسیژن مصرفی ظرف ۲۰ ثانیه انتهایی آزمون ورزشی مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱). از آزمودنی ها خواسته شد که قبل از اجرای آزمون آزمایشگاهی، از انجام هر گونه فعالیت بدنی نسبتاً شدید در ظرف ۴۸ ساعت قبل پرهیز کنند. همچنین به

1. Physical activity readiness questionnaire
2. Slaughter
3. Riester 1905 ri-fox
4. h/p/cosmos Saturn300/125
5. Ganshorn Medizin Electronic GmbH, PowerCube
6. HansRudolph, Kansas City, MS
7. Polar heart rate transmitter model T34
8. Tanaka
9. Respiratory exchange ratio
10. Winter

آزمودنی ها گفته شده که وعده غذایی خود را حداقل ۳ ساعت قبل از آزمون میل نموده و سپس از خوردن هر ماده غذایی دیگر غیر از آب، امتناع ورزند. روزانه قبل و بعد آزمون آزمایشگاهی، تنظیم های مربوط به شرایط محیطی، حجم‌ها و نسبت گازهای کپسول اکسیژن؛ مطابق دستورالعمل شرکت سازنده تحلیل‌گر گازهای تنفسی انجام گرفت. این آزمون در دمای ۱۹ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۳۹ تا ۴۳ درصد و با سطح آلاینده‌های هوا در سطح طبیعی در آزمایشگاه دانشکدهٔ علوم ورزشی دانشگاه بوعلی سینا اجرا شد.

برای برآورد VO_{2max} بدون آزمون ورزشی دانش آموزان مطالعه حاضر، از سه معادله رگرسیونی غیر بومی (معادله اول، بونن و دیگران، ۱۹۷۹؛ معادله های دوم و سوم، اردمن و دیگران، ۱۹۹۹) استفاده شد. دلیل استفاده از این سه معادله همخوانی دامنه سنی این سه در حوزه کودکان و نوجوانان بود.

معادله اول:

$$VO_{2max}\ (\text{میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه}) = ۱۷/۸۴ + ۱/۳۴۱ \times \text{سن (سال)} + ۰/۲۴۸ \times \text{قد (cm)} - ۰/۵۲۲ \times \text{وزن (kg)}$$

معادله دوم:

$$VO_{2max}\ (\text{میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه}) = ۸۱/۷۳۲ - ۱/۴۷۶ \times BMI\ (kg/m^2)$$

معادله سوم:

$$VO_{2max}\ (\text{میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه}) = ۶۲/۴۳۲ - ۰/۵۲۲ \times \text{چربی بدن (\%)}$$

برای بررسی توزیع طبیعی داده‌ها از آزمون شاپیرو - ویلک[1] استفاده شد. به منظور اعتبار سنجی و ارزیابی صحت و کارآیی معادلات غیر بومی فوق، نتایج این معادلات با روش معیار آزمایشگاهی مقایسه گردید. بدین منظور از روش ضریب همبستگی پیرسون، آزمون t همبسته[2] و توافق بلاند-آلتمن[3] (۱۹۸۶) بهره برداری شد. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ در سطح $p<۰/۰۵$ انجام شد.

یافته‌ها

مشخصات آزمودنی ها و نتایج آزمون معیار آزمایشگاهی دانش آموزان در جدول یک مشاهده می شود. آزمودنی‌ها حداکثر تلاش ارادی خود را برای دستیابی به VO_{2max} واقعی‌شان اجرا کردند، به طوری که آزمون تعدیل شده بروس را با میانگین ضربان قلب ۶/۵۱±۲۰۳/۵۶ ضربه در دقیقه (معادل فشار کار ۱۰۲ درصد حداکثر ضربان قلب نظری) و میانگین RER معادل ۰/۰۸±۱/۲۱ به پایان رساندند. این نتایج نشان دهند اندازه گیری صحیح VO_{2max} به روش معیار می‌باشد (جدول یک).

جدول ۱. توصیف متغیرهای اندازه گیری شده در نمونه مورد مطالعه (۳۴۹ نفر)

متغیرها	میانگین ± انحراف معیار	کرانه پایین	کرانه بالا
سن (سال)	۱۲/۴۹±۲/۷۲	۷/۶۷	۱۷/۱۷
قد (سانتی متر)	۱۵۴/۹۹±۱۶/۲۳	۱۱۵	۱۹۳
وزن (کیلوگرم)	۵۰/۱۹±۱۷/۷۸	۲۰/۵۰	۱۱۳
شاخص توده بدن (کیلوگرم/متر مربع)	۲۰/۱۳±۴/۷۰	۱۱/۶۹	۳۶/۲۹
رتبه درصدی شاخص توده بدن	۷۷/۳۰±۱۱/۹۰	۴۲/۶	۹۶/۴۰
چربی بدن (درصد)	۲۰/۱۳±۱۲/۹۸	۸/۳۸	۵۷/۲۵
ضربان قلب استراحت (ضربه/دقیقه)	۸۲/۷۰±۹/۶	۵۸	۱۰۸
حداکثر ضربان قلب نظری (ضربه/دقیقه)*	۱۹۹/۳۷±۱/۹	۱۹۶	۲۰۳
ضربان قلب پایانی آزمون بروس (ضربه/دقیقه)	۲۰۳/۵۶±۶/۵۱	۱۹۴	۲۲۰
VO_{2max} (لیتر/دقیقه)**	۱/۹۲±۰/۶۲	۰/۸۳	۳/۷۹
VO_{2max} (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه)**	۴۱/۶۰±۵/۴۷	۲۲/۱۰	۵۵/۸۰
نسبت تبادل تنفسی	۱/۲۱±۰/۰۸	۱/۰۱	۱/۵۰

* نشانه حداکثر ضربان قلب برآورد شده بر اساس معادله سن × ۰/۷ – ۲۰۸= HR_{max}، تاناکا و دیگران (۲۰۰۱)؛ ** نشانه VO_{2max} اندازه گیری شده به روش تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی.

1. Shapiro-Wilk
2. Paired sample t-test
3. Bland – Altman plot

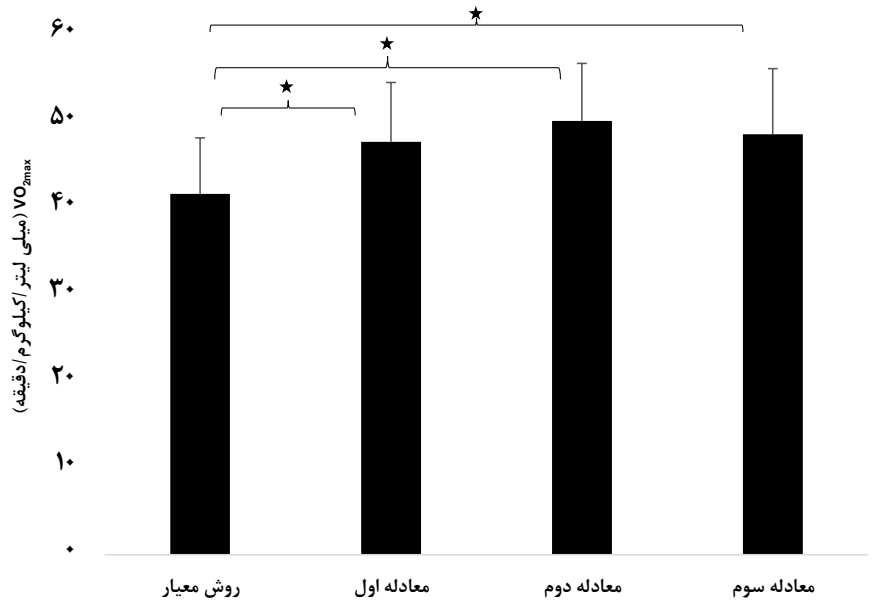
همبستگی بالا و معنی داری بین VO_{2max} برآورد شده به روش معادلات غیر بومیِ بدون آزمون ورزشی و روش معیار تحلیل گازهای تنفسیِ مشاهده شد (p<۰/۰۱ و ۰/۷۳ – R=۰/۶۳). با این حال، تفاوت معنی داری بین VO_{2max} به روش معادلات غیر بومیِ بدون آزمون ورزشی و روش معیار مشاهده گردید (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه ۱۱/۶۹-=میانگین اختلاف) (p<۰/۰۱)، به طوری که هر سه معادله به بیش تخمینی معنی دار VO_{2max} در دانش آموزان مطالعه حاضر منجر شدند (شکل یک و جدول دو). در واقع، خطای برآورد برای معادلات غیر بومی اول تا سوم، به ترتیب ۱۵/۱۱، ۲۸/۱۳ و ۲۰/۱۲ درصد به دست آمد (جدول دو).

جدول ۲. مقایسه معادلات برآورد VO_{2max} بدون آزمون ورزشی غیر بومی با روش معیار (۳۴۹ نفر)

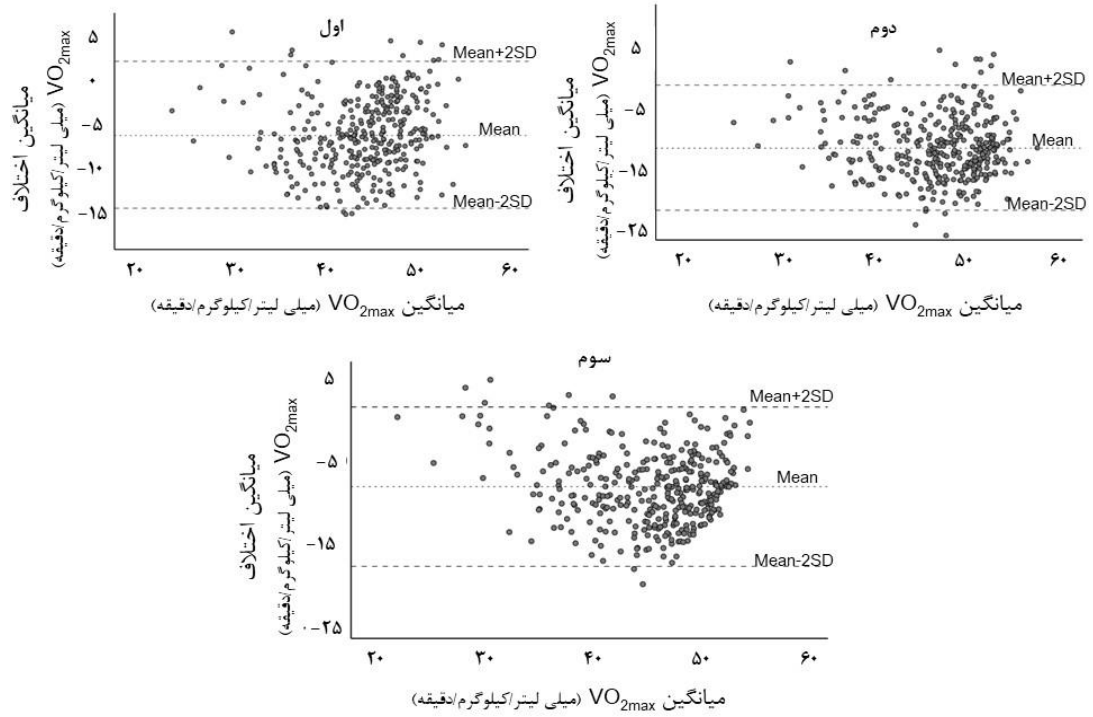
	VO_{2max} (میلی لیتر/کیلوگرم/ دقیقه)	ضریب همبستگی (R)	میانگین اختلاف£	درصد خطای برآورد€	مقدار p
روش معیار	۴۱/۵۰±۶/۴۷	-----	-----	-----	-----
معادله غیر بومی ۱	۴۷/۶۰±۵/۳۶	۰/۷۳*	- ۶/۴۰±۴/۱۴*	۱۵/۱۱	۰/۰۰۱
معادله غیر بومی ۲	۵۲/۸۸±۶/۲۴	۰/۶۳*	- ۱۱/۶۹±۵/۱۷*	۲۸/۱۳	۰/۰۰۱
معادله غیر بومی ۳	۴۹/۵۸±۶/۷۷	۰/۷۲*	- ۸/۳۹±۴/۸۰*	۲۰/۱۲	۰/۰۰۱

* نشانه اختلاف معنی دار در سطح کمتر از p<۰/۰۰۱؛ £ نشانه میانگین اختلاف Mean Diff = Measure VO_{2max} - Predicted VO_{2max}؛ € نشانه خطای برآورد نسبی Error% = (Measure VO_{2max} - Predicted VO_{2max})/Measured VO_{2max} ×100.

در نمودار گرافیکی بلاند - آلتمن، میانگین VO_{2max} برآورد شده و اندازه گیری‌شده (محور افقی) در برابر اختلاف VO_{2max} برآورد شده و اندازه گیری‌شده (محور عمودی)؛ ارایه شده است. میانگین اختلاف‌ها و فاصلهٔ اطمینان ۹۵ درصد به ترتیب به وسیلهٔ خطوط نقطه چین و خط چین در معادلات غیر بومی رگرسیونی اول تا سوم مشخص شده است. طبق این نمودار، تفاوت معنی داری در پراکندگی اختلاف میانگین بین روش معیار و معادلات سه گانه غیر ورزشی وجود دارد (شکل دو).



شکل ۱. مقایسه میانگین VO_{2max} معادلات غیر ورزشی با روش معیار



شکل ۲. نمودار بلاند – آلتمن: میانگین VO_{2max} برآورد شده و اندازه گیری‌شده (محور افقی) در برابر اختلاف VO_{2max} برآورد شده و اندازه گیری‌شده (محور عمودی). میانگین اختلاف‌ها و فاصلهٔ اطمینان ۹۵ درصد به ترتیب به وسیلهٔ خطوط نقطه چین و خط چین برای معادلات اول تا سوم مشخص شده است.

بحث

در پژوهش حاضر، همبستگی معنی داری بین VO_{2max} اندازه‌گیری شده به روش معیار و روش معادلات بدون آزمون ورزشی منتخب غیر بومی وجود داشت. با این حال، تفاوت معنی داری بین این دو روش مشاهده شد؛ به طوری که تفاوت چشمگیری در پراکندگی اختلاف میانگین‌ها بین روش معیار تحلیل گازهای تنفسی و معادلات سه گانه غیر بومی بدست آمد (شکل دو).

طبق منابع علمی، مهم ترین جزء آمادگی جسمانی در دامنه سنی کودکی تا سالمندی، CRF است که می تواند وضعیت سلامتی عمومی بدن را در آینده پیش بینی نماید (نز[1] و دیگران، ۲۰۱۴). مهم ترین مزیت معادلات برآورد VO_{2max} بدون آزمون ورزشی این است که در صورت محدودیت زمانی برای اجرای آزمون، این معادلات ابزار بسیار ساده ای برای برآورد VO_{2max} می باشند. بنابراین، در پژوهش های مرتبط با حوزه های ورزش، تندرستی و بهداشت؛ برآورد صحیح VO_{2max} از ابزارهای کاربردی جهت پایش سطح CRF در جمعیت های وسیع بوده و می تواند اطلاعات مناسبی راجع به برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌ها در اختیار مدیران حوزه سلامت و ورزش قرار دهد.

با توجه به دامنه سنی آزمودنی های مطالعه حاضر و متغیرهای اندازه گیری شده و نیز با بررسی های صورت گرفته، تنها سه معادله رگرسیونی برآورد VO_{2max} بدون آزمون ورزشی در اختیار بود. دلیل انتخاب این سه معادلات غیر بومی، سادگی و سهل الوصول بودن اندازه‌گیری متغیرهای این معادلات است؛ به طوری که برآورد VO_{2max} دانش آموزان صرفاً با اندازه گیری متغیرهای سن، قد، وزن، شاخص توده بدن و درصد چربی را میسر می سازد.

در مطالعه ما همبستگی معنی دار بالایی بین VO_{2max} آزمودنی ها در دو روش معیار و معادلات بدون آزمون ورزشی مشاهده شد (R=۰/۶۳ -۰/۷۳) (جدول یک). این نتیجه همسو با پژوهش های فلاح عمران و گائینی (۲۰۰۶) (R =۰/۷۶)، مومنی فر (۲۰۰۶) (R=۰/۵۱)، دلاوری (۲۰۱۰) (R=۰/۴۸-۰/۵۵)، و غفاری و دیگران (۲۰۱۴) (R=۰/۹۰) است. البته، لازم به ذکر است که مقدار اختلاف در دامنه ضریب همبستگی مطالعه ما با مطالعات قبلی داخل کشور را می توان به وجود تفاوت های روش شناسی در تعداد،

1. Nes

دامنه سنی و جنسیت آزمونی ها، نسبت داد. به طوری که پژوهش فلاح عمران و گائینی (۲۰۰۶) بر روی ۳۰ زن بسکتبالیست ۱۶ تا ۲۹ ساله، مطالعه مومنی فر (۲۰۰۸) بر روی ۵۰ زن و مرد ۱۸ تا ۳۲ ساله والیبالیست، مطالعه دلاوری (۲۰۱۰) بر روی ۲۸ دانش آموزان دختر فعال ۱۵ تا ۱۹ ساله، و مطالعه غفاری و دیگران (۲۰۱۴) بر روی ۳۰ زن فعال ۲۰ تا ۳۰ ساله انجام شده است. این در حالی است که نمونه آماری مطالعه حاضر (۳۴۹ نفر) بسیار بیشتر از مجموع سه مطالعه فوق می باشد. این نمونه آماری بالا، قدرت نتایج به دست آمده را افزایش می دهد. طبق رهنمودهای آمار علوم زیستی، هر چقدر نمونه آماری مورد مطالعه در یک پژوهش بیشتر باشد، نتایج به دست آمده قابلیت اعتماد بیشتری خواهد داشت (اتکینسون و نویل، ۱۹۹۸).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تفاوت معنی داری در VO_{2max} برآورد شده بوسیله معادلات بدون آزمون ورزشی غیر بومی با VO_{2max} اندازه گیری شده به روش معیار تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی وجود دارد. همان طور که در جدول دو و شکل یک مشهود است، هر سه معادله رگرسیونی غیر بومی منجر به بیش تخمینی معنی‌دار VO_{2max} دانش‌آموزان شده اند. میزان بیش تخمینی برای معادله های رگرسیونی غیر ورزشی اول تا سوم به ترتیب ۱۵/۱۱، ۲۸/۱۳ و ۲۰/۱۲ درصد می باشد (جدول دو). همسو با این نتایج، مطالعه غفاری و دیگران (۲۰۱۴) نشان داد که تفاوت معنی داری بین اختلاف میانگین در دو روش اندازه‌گیری مستقیم VO_{2max} و معادلات غیر بومی برآورد VO_{2max} در دانشجویان دختر فعال وجود دارد. مطالعه مالک و دیگران (۲۰۰۴) نیز نشان داد که اغلب معادلات رگرسیونی برآورد VO_{2max} بدون آزمون ورزشی در مردان و زنان ورزشکار، منجر به اختلاف برآورد معنی دار به میزان بیش از ۲۰ درصد در مقایسه با روش معیار آزمایشگاهی می‌شود. لازم به ذکر است در مطالعات اعتبار سنجی معادلات بدون آزمون ورزشی که در ایران انجام شده است (فلاح عمران و گائینی، ۲۰۰۶؛ دلاوری، ۲۰۱۰؛ مومنی فر، ۲۰۰۶)، تفاوت میانگین های دو روش اندازه گیری ارزیابی نشده و این نکته به عنوان نقطه ضعف مشترک این پژوهش ها محسوب می شود. چون نویسندگان آن ها فقط از روش آماری همبستگی پیرسون به منظور ارزیابی روایی معادلات غیر بومی استفاده کرده اند. به نظر می رسد این روش به تنهایی نمی‌تواند روایی یک روش جدید را تضمین کند؛ بنابراین به روش های آماری تکمیلی مانند آزمون t همبسته و نمودار توافق بلاند - آلتمن نیاز است (اتکینسون و نویل، ۱۹۹۸). همچنین نمونه آماری کم (۲۸ تا ۵۰ نفر) مورد استفاده در مطالعه‌های انجام شده در ایران از قدرت نتایج به دست آمده این تحقیقات (فلاح عمران و گائینی، ۲۰۰۶؛ دلاوری، ۲۰۱۰؛ مومنی فر، ۲۰۰۶) می کاهد.

در مطالعات مربوط به اعتبارسنجی و راستی آزمایی، که به منظور ارزیابی دقت و صحت روش های جدید و جایگزین استفاده می شود، مشاهده همبستگی بالا بین دو روش، لزوماً به معنای صحت و دقت روش جدید نیست. در واقع، همبستگی میزان همگرایی دو روش اندازه گیری را ارائه می‌دهد. بنابراین، همبستگی بالا بین دو روش، شرط لازم برای اعتبار به حساب می آید، اما شرط کافی نیست. دلیل آن هم این است که همبستگی در بیان مقدار اختلاف بین دو روش، از توانایی لازم برخوردار نیست و قادر به ارائه مقدار خطای اندازه گیری نمی باشد (هینکل و دیگران، ۲۰۰۳). به همین دلیل از روش های آماری t همبسته و نمودار بلاند - آلتمن (۱۹۸۶) استفاده شد که توانایی بیان اختلاف میانگین دو روش معیار و روش جایگزین را دارند. ویژگی روش آماری t همبسته مشخص کردن میزان اختلاف میانگین بین دو روش می باشد که در مقالات معمولاً به صورت نمودار یا جدول ارائه می شود (شکل یک و جدول دو). با این حال، باید اذعان کرد که آزمون t همبسته توانایی نشان دادن پراکندگی اختلاف دو روش را در نمونه آماری، آن هم در یک به یک نمونه ها ندارد. به همین منظور از نمودار گرافیکی بلاند - آلتمن جهت دست یابی به این هدف استفاده شد. در واقع، این نمودار به عنوان راهکار تکمیلی آزمون t همبسته تلقی می شود که همواره نتیجه و تفسیر آن با نتایج آزمون t همبسته همسو است (اتکینسون و نویل، ۱۹۹۸).

در نمودار گرافیکی بلاند - آلتمن، تفاوت چشمگیری در پراکندگی اختلاف میانگین های VO_{2max} بین روش معیار و معادلات غیر بومی بدون آزمون ورزشی دیده شد (شکل دو). در این نمودار، هر چه قدر میانگین اختلاف دو روش به عدد صفر نزدیک تر باشد، نشان از دقت روش جایگزین در مقایسه با روش معیار دارد. همان طور که در شکل دو مشهود است میانگین اختلاف و پراکندگی اختلاف ها در هر سه معادله غیر بومی، تفاوت فاحشی با روش معیار دارد. بنابراین، با توجه به نتایج آزمون t همبسته و نمودار گرافیکی توافق بلاند - آلتمن، نمی توان از معادلات غیر بومی منتخب در مطالعه حاضر به منظور برآورد VO_{2max} پسران سالم ۸ تا ۱۷ ساله ایرانی استفاده کرد. به بیان دیگر، استفاده از این سه معادله بدون ورزش غیر بومی (اردمن و دیگران، ۱۹۹۹؛ بونن و دیگران، ۱۹۷۹) می تواند منجر به برآورد ناصحیح (بیش تخمینی یا تخمین کمتر)

VO_{2max} در پسران شود. نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر همسو با برخی مقالات مروری صورت گرفته راجع به اهمیت اعتبار سنجی معادلات غیر ورزشی برآورد VO_{2max} قبل از استفاده از آن می باشد. این دست مطالعات مروری ضمن اشاره بر اهمیت کاربرد معادلات بدون آزمون ورزشی، تاکید کرده اند که باید میزان خطای برآورد و در واقع اعتبار معادلات رگرسیونی در جامعه هدف، ابتدا ارزیابی شده و سپس در سطح گسترده بکار گرفته شود. استدلال این است که معادلات غیر بومی در نمونه آماری محدود در یک کشور، با ویژگی های جمعیتی مخصوص به خود طراحی شده اند. این نکته، قابلیت تعمیم پذیری معادله را در جمعیت های دیگر کشورها محدود کرده و ممکن است منجر به بیش تخمینی یا کم تخمینی برآورد VO_{2max} شود (مارانهاو نتو و فاریناتی، ۲۰۰۳؛ وانگ و دیگران، ۲۰۱۹). البته در برخی از مطالعات صورت گرفته در دامنه سنی بزرگسالان، نتیجه حاکی از اعتبار و دقت معادلات غیر ورزشی در برآورد VO_{2max} می باشد (برادشو[1] و دیگران، ۲۰۰۵). تفاوت در دامنه سنی، جغرافیای زندگی، فرهنگ زندگی، ویژگی های ترکیب بدنی و یا قدرت معادله غیر ورزشی مورد استفاده در مطالعات مختلف؛ می تواند دلیل ناهمسویی در یافته ها باشد.

در کل، با توجه به عدم کارآیی معادلات غیر بومی مورد بررسی در مطالعه حاضر، طراحی و اعتبار سنجی معادلات بومی برآورد VO_{2max} به روش بدون آزمون ورزشی ویژه دانش آموزان دختر و پسر ایرانی در نمونه آماری نسبتاً بزرگ، به منظور بهره گیری از آن در حوزه های ورزش، سلامت و بهداشت؛ توصیه می شود. با بهره گیری از معادلات غیر ورزشی بومی، مربیان ورزش، معلمان تربیت‌بدنی، پژوهشگران حوزه بهداشت و ورزش و مطالعات همه گیر شناسی؛ قادر خواهند بود تا مهم ترین شاخص فیزیولوژیکی مرتبط با سلامتی و آمادگی جسمانی را اندازه‌گیری، ارزیابی و پایش نمایند (افضل پور و دیگران، ۲۰۲۰). از نقاط ضعف این مطالعه، نبود اطلاعات مربوط به دختران سالم است که مطالعات آینده در این جنس را می طلبد. از دیگر سوی، نمونه آماری نسبتاً بزرگ (۳۴۹ نفر) و اندازه گیری مستقیم VO_{2max} به روش تحلیل گازهای تنفسی با استفاده از آزمون ورزشی فزآینده تعدیل شده بروس؛ از نقاط قوت این مطالعه محسوب می شوند.

نتیجه گیری: در پژوهش حاضر، معادلات رگرسیونی غیر بومی برآورد VO_{2max} در پسران سالم ۸ تا ۱۷ ساله ایرانی از اعتبار لازم برخوردار نبودند؛ به طوری که این معادلات منجر به بیش تخمینی و خطای برآورد ۱۵/۱۱ تا ۲۸/۱۳ درصد در VO_{2max} پسران سالم شد. بنابراین، توصیه می شود که پژوهشگران و فعالان حوزه تربیت بدنی و سلامت ایران، قبل از استفاده معادلات برآورد VO_{2max} غیر بومی، از اعتبار و صحت آن ها در جمعیت مورد مطالعه اطمینان کسب کنند. اهمیت این موضوع زمانی مشخص می شود که از این معادلات به منظور جمع آوری اطلاعات مرتبط با حوزه سلامت در جمعیت های بزرگ به منظور برنامه‌ریزی‌های آینده محور استفاده شود.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می کنند که هیچ گونه تعارض منافعی در این پژوهش وجود ندارد.

قدردانی و تشکر

این مقاله حاصل از پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی دانشگاه بوعلی سینا استخراج شده است. بدینوسیله از دانش آموزان شرکت کننده و والدین عزیز آن ها قدردانی می گردد.

منابع

Afzalpour, M. E., Ilbeigi, S., Chedani, F., Ghadimi, H., & Shariatzadeh Joneydi, M. (2021). Assessment of physical fitness and preparing norm in 18-60 years old of Birjand's men and women. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, 9***(20), 98-112. [In Persian]**

Atkinson, G., & Nevill, A.M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine, 26***(4), 217-238.**

Bland, J.M., & Altman, D. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet, 327***(8476), 307-310.**

Bonen, A., Heyward, V., Cureton, K., Boileau, R., & Massey, B. (1979). Prediction of maximal oxygen uptake in boys, ages 7-15 years. *Medicine and Science in Sports, 11***(1), 24-29.**

1. Bradshaw

Bradshaw, D.I., George, J.D., Hyde, A., LaMonte, M.J., Vehrs, P.R., Hager, R.L., & Yanowitz, F.G. (2005). An accurate VO2max nonexercise regression model for 18–65-year-old adults. *Research Quarterly for Exercise and Sport, 76***(4), 426-432.**

Bruce, R.A., Kusumi, F., & Hosmer, D. (1973). Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *American Heart Journal, 85***(4), 546-562.**

Cabanas-Sánchez, V., Artero, E.G., Lavie, C.J., Higueras-Fresnillo, S., García-Esquinas, E., Sadarangani, K.P., ... & Martínez-Gómez, D. (2020). Prediction of cardiovascular health by non-exercise estimated cardiorespiratory fitness. *Heart, 106***(23), 1832-1838**.

Cardinal, B.J. (1996). Predicting cardiorespiratory fitness without exercise testing in epidemiologic studies: a concurrent validity study. *Journal of Epidemiology, 6***(1), 31-35.**

Delavari, N. (2010). *Validity of non-exercise equation to estimate of VO_2max in active women in comparison with gas analysis.* **M.S.c Thesis, Physical Education Department, Faculty of Physical Education & Sport Sciences. Alzahra University. [In Persian]**

Dencker, M., Hermansen, B., Bugge, A., Froberg, K., & Andersen, L.B. (2011). Predictors of VO_2Peak in children age 6-to 7-years-old. *Pediatric Exercise Science, 23***(1), 87-96.**

Erdmann, L.D., Hensley, L.D., Dolgener, F.A., & Graham, R.E. (1999). Nonexercise prediction of VO_2peak in middle schoola-age boys. *Measurement in Physical Education and Exercise Science, 3***(1), 37-50.**

Fallah-Omran, S., & Gaeini, A.A. (2006). A study of validity and reliability of non- exercise test and gas analysis system to estimate of VO2max. *Journal of Applied Sports Physiology, 2***(3), 11-26. [In Persian]**

Ghafari, H., Kazemi, A., & Alijan pour, N. (2015). Accuracy of a regression model to predict maximal oxygen consumption based on non-exercise data in female college students. *Journal of Sport and Exercise Physiology, 7***(2), 1091-1100. [In Persian]**

Gibson, A.L., Wagner, D., & Heyward, V. (2018). *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription, **8E***, **Human Kinetics.**

Hinkle, D.E., Wiersma, W., & Jurs, S.G. (2003). Applied statistics for the behavioral sciences. **Boston, MA: Houghton Mifflin Company**.

Jalili, M., Nazem, F., Sazvar, A., & Ranjbar, K. (2018). Prediction of Mmximal oxygen uptake by six-minute walk test and body mass index in healthy boys. *The Journal of Pediatrics, 200*, **155-159.**

Jankowski, M., Niedzielska, A., Brzezinski, M., & Drabik, J. (2015). Cardiorespiratory fitness in children: a simple screening test for population studies. *Pediatric Cardiology, 36***(1), 27-32.**

Jurca, R., Jackson, A.S., LaMonte, M.J., Morrow Jr, J.R., Blair, S.N., Wareham, N.J., ... & Jakicic, J.M. (2005). Assessing cardiorespiratory fitness without performing exercise testing. *American Journal of Preventive Medicine, 29***(3), 185-193.**

Kaeberlein, M., Rabinovitch, P.S., & Martin, G.M. (2015). Healthy aging: the ultimate preventative medicine. *Science, 350***(6265), 1191-1193.**

Kaminsky, L.A., Arena, R., Ellingsen, Ø., Harber, M.P., Myers, J., Ozemek, C., & Ross, R. (2019). Cardiorespiratory fitness and cardiovascular disease-the past, present, and future. *Progress in Cardiovascular Diseases, 62***(2), 86-93.**

Kokkinos, P., Myers, J., Franklin, B., Narayan, P., Lavie, C.J., & Faselis, C. (2018). Cardiorespiratory fitness and health outcomes: a call to standardize fitness categories. *In Mayo Clinic Proceedings, 93***(3), 333-336.**

Malek, M.H., Berger, D.E., Housh, T.J., Coburn, J.W., & Beck, T.W. (2004). Validity of VO_{2max} equations for aerobically trained males and females. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 36***, 1427-1432.**

Maranhao Neto, G., & Farinatti, P. (2003). Non-exercise models for prediction of aerobic fitness and applicability on epidemiological studies: Descriptive review and analysis of the studies. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte, 9***(5), 304-324.**

Momenifar, F. (2008). *Validity and reliability of non-exercise test & Bruce test for estimating VO2max in male and female elite volleyball players.* **M.S.c Thesis, Physical Education Department, Faculty of Physical Education & Sport Sciences. Payame Noor University of Tehran. [In Persian]**

Nes, B.M., Vatten, L.J., Nauman, J., Janszky, I., & Wisløff, U. (2014). A simple nonexercise model of cardiorespiratory fitness predicts long-term mortality. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 46***(6), 1159-1165.**

Riebe, D., Ehrman, J. K., Liguori, G., & Magal, M. (2018). *American college of sports medicine. In ACSM's guidelines for exercise testing and prescription.* **Philadelphia: Wolters Kluwer.**

Schembre, S.M., & Riebe, D.A. (2011). Non-exercise estimation of VO_2max using the international physical activity questionnaire. *Measurement in Physical Education and Exercise Science, 15***(3), 168-181.**

Slaughter, M.H., Lohman, T.G., Boileau, R.A., Horswill, C.A., Stillman, R.J., Van Loan, M.D., & Bemben, D.A. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Human Biology, 60***(5), 709-723.**

Tanaka, H., Monahan, K D., & Seals, D.R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology, 37***(1), 153-156.**