Iranian Journal of Ergonomics

Iran J Ergon, 2024; 11(4): 315-323

https://journal.iehfs.ir/

Original Article

The Validity of the Native Non-sports Equation in Estimating the Maximum Aerobic Capacity of Adolescent Boys

Seyed Ghafar Hoseini[1], **Ebrahim Zarinkalam**[1,*], **Reza Heidary**[1], **Majid Jalili**[2]

[1] Department of Physical Education and Sport Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran
[2] Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Article History:
Received: 17/12/2023
Revised: 19/02/2024
Accepted: 22/02/2024
ePublished: 19/03/2024

***Corresponding author:** Ebrahim Zarinkalam, Department of Physical Education and Sport Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.
Email: zarrinkalam@gmail.com

Abstract

Objectives: The maximum aerobic capacity (VO_{2max}) is the most important indicator of physical fitness, which is closely related to the general health of the body. Considering the problems of laboratory measurement of VO_{2max}, estimating VO_{2max} by non-exercise equations will be one of the alternative solutions. This study aims to evaluate the validity of the native non-exercise equation in estimating VO_{2max} of healthy adolescent boys.

Methods: The variables of age, height, weight, and body mass index were measured in 248 healthy boys aged 15 to 18. The subjects' VO_{2max} was measured and predicted by exercise test and non-exercise native equation respectively. To evaluate the validity of the native non-exercise equation, Pearson's correlation, paired t-test, and Bland-Altman's agreement were used.

Results: There is a significant correlation between measured and predicted VO_{2max} ($R = 0.76$, $p<0.05$). Also, no significant difference was observed between predicted and measured VO_{2max} (43.10 ml/kg/min and 43.38 ml/kg/min respectively) (mean difference=0.28 ml/kg/min, $P>0.05$). Also, the Bland-Altman graphic diagram indicated agreement between the methods of measuring and estimating VO_{2max}.

Conclusion: In the present study, the native non-sports equation had a high validity in estimating VO_{2max} of adolescent boys. It seems that the use of non-sports VO_{2max} equations can be used as a simple, safe, and low-cost tool to evaluate the maximum aerobic capacity of students at a wide level.

Keywords: Cardiorespiratory fitness, Exercise testing, Reliability

Copyright © 2024 Iranian Journal of Ergonomics. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

Extended Abstract

Background and Objective

In order to measure maximum aerobic capacity, the quantitative index of maximum oxygen consumption (VO2max) is used. Due to the limitations of laboratory measurement of VO2max, researchers in the field of sports sciences introduce the use of non-exercise equations (non-exercise VO2max) to approximate it. The approximation of VO2max by non-exercise equations is simple, cost-effective, safe, and rapid. In this method, by employing linear regression equations and only by measuring simple variables, including age, weight, body mass index (BMI), and resting heart rate, the VO2max of individuals is approximated without performing an exercise test. According to several review studies, non-exercise equations are valid enough to approximate VO2max in children and adolescents. However, it is recommended that, before using non-exercise equations, their validity be evaluated in other populations. Some conflicting results regarding the validity of foreign non-exercise equations in Iranian students have been indicated in the literature. Recently, a native non-exercise equation was designed to approximate VO2max for healthy adolescent boys in Iran. Therefore, the present research aims to evaluate the validity of the native non-exercise equation in the approximation of VO2max for healthy adolescent male students.

Materials and Methods

A total of 248 healthy male students aged 15-18 with an average BMI of 21.95±4.53 kg/m2 participated in the present investigation. Students' parents were given a physical activity readiness questionnaire (PAR-Q) and a written consent form, and they were asked to complete, sign, and fingerprint it. The students suffering from cardiac, respiratory, nervous, muscular, anatomical and metabolic diseases were excluded from the study. The variables, including age (year), height (centimetre), weight (kilogram), and BMI (kg/m2), were measured by standard methods. In order to measure VO2max (ml/kg/min) by the standard method, a 6-minute walking exercise test (6MWT) was employed. The validity and reliability of the 6MWT test in healthy Iranian students have been confirmed. The reason for the selection of the 6MWT test is its safety, simplicity of implementation, and high acceptability among students. In the 6MWT test, the maximum travelled distance is measured as power walking (not running) in 6 min. The 6MWT test was performed in a straight and smooth path of 30 m long, marked by two cone barriers at both ends of the path, in a round-trip manner according to the guidelines published by the American Thoracic Society (ATS). In order to calculate VO2max in the 6MWT test, the native regression equation, special for Iranian boys, was used as follows:

$$VO_{2max}(ml/kg/min) = [0.076 \times 6MWT(m)] - [0.537 \times BMI\ (kg/m^2)] - 3.518$$

Moreover, in order to approximate the VO2max of subjects in a non-exercise way, the native non-exercise equation introduced by Nazem et al. was employed. This equation is as follows:

$$VO_{2max}(ml/kg/min) = 45.678 + [1.323 \times Age(Year)] - [1.116 \times BMI(kg/m^2)]$$

In order to evaluate the validity of the native non-exercise VO2max equation compared to the exercise test approach, some statistical methods, including Pearson correlation, paired-samples T-test, and Bland-Altman agreement, were used at a significance level of 0.05.

Results

The average distance covered in the 6MWT test was 772±59 m. A significant correlation was observed between VO2max approximated by the non-exercise equation and the field methods (P<0.01, R=0.76). There was no significant difference between VO2max approximated by the native non-exercise equation method (43.10±5.14) and VO2max measured by the exercise test method (43.38±6.02) (P=0.279, average difference = 0.28 ml/kg/min). According to the Bland-Altman diagram, the dispersion of the difference of VO2max means was low so that the average value of VO2max difference (0.27 ml/kg/min) approached the ideal value (zero), and the value of its standard deviation (SD) was low as well (3.99 ml/kg/min).

Discussion

The correct measurement of maximum aerobic capacity is of great significance in the field of health and sports sciences so that researchers are always searching for simple, widespread, and high-validity methods to measure this health-related index. The calculation of VO2max by exercise tests, despite the high accuracy, requires the presence of an expert, a vast space, a great deal of time, and special facilities of each exercise test so that the use of these tests in extensive statistical samples is impossible in practice. In order to fix problems related to the limitations of exercise tests in measuring VO2max, non-exercise equations are applied to approximate VO2max. The presence of high correlation and the lack of significant differences are important indicators in the evaluation of the validity of a test; the native non-exercise equation investigated in the present research possessed these two characteristics. The results of the present study were in line with some studies and, on the other hand, inconsistent with some other investigations. The differences in the number and type of subjects, age range, type of standard exercise tests, and statistical methods are among the reasons for conflicting results. In order to evaluate the validity, the statistics experts employ various methods, such as Pearson correlation, paired-samples T-test, RMSE, and Bland-Altman agreement. The weakness of most previous studies is that only the Pearson correlation method has been employed to evaluate the validity, which is insufficient. Therefore, in the present research, the paired-samples T-test and the Bland-Altman agreement were used in addition to the Pearson correlation test. Considering the simplicity of non-exercise equations as a reliable tool to approximate VO2max, in situations where its measurement is not

possible using field exercise tests, it is recommended to take advantage of native non-exercise equations to approximate the maximum aerobic capacity of students.

Conclusion

In the present study, the native non-exercise equation had enough validity to approximate VO2max in the population of students aged 15-18. It seems that the use of a native non-exercise equation for the approximation of VO2max can be considered a simple, rapid, safe, and inexpensive tool to measure and evaluate the maximum aerobic capacity of students at an extensive level and be used by researchers in the field of sports sciences, as well as by the sports and fitness trainers.

Please cite this article as follows: Hoseini S Gh, Zarinkalam E, Heidary R, Jalili M. The Validity of the Native Non-sports Equation in Estimating the Maximum Aerobic Capacity of Adolescent Boys. Iran J Ergon. 2024; 11(4): 315-323.

مجله ارگونومی
دوره ۱۱، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۲، صفحات: ۳۲۳-۳۱۵
https://journal.iehfs.ir
UMSHA Press

مقاله پژوهشی

روایی معادله‌ی غیرورزشی بومی در برآورد حداکثر ظرفیت هوازی پسران نوجوان

سید غفار حسینی[۱]، ابراهیم زرین کلام[۱،*]، رضا حیدری[۱]، مجید جلیلی[۲]

[۱] گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران
[۲] گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۹/۲۶
تاریخ داوری مقاله: ۱۴۰۲/۱۱/۳۰
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۱۲/۰۳
تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۲/۱۲/۲۹

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

چکیده

اهداف: حداکثر ظرفیت هوازی (VO_{2max}) مهم‌ترین شاخص آمادگی جسمانی است که با سلامت عمومی بدن ارتباط تنگاتنگی دارد. با توجه به مشکلات اندازه‌گیری آزمایشگاهی VO_{2max}، برآورد VO_{2max} به‌وسیله‌ی معادلات غیرورزشی یکی از راهکارهای جایگزین خواهد بود. هدف این مطالعه ارزیابی روایی معادله‌ی بومی غیرورزشی در برآورد VO_{2max} پسران سالم است.

روش کار: متغیرهای سن، قد، وزن و شاخص توده‌ی بدن در ۲۴۸ پسر سالم ۱۵ تا ۱۸ساله اندازه‌گیری شد. VO_{2max} آزمودنی‌ها به دو روش آزمون ورزشی میدانی و معادله‌ی بومی غیرورزشی به‌ترتیب اندازه‌گیری و برآورد شد. به‌منظور ارزیابی روایی معادله‌ی غیرورزشی، از هم‌بستگی پیرسون، تی هم‌بسته و توافق بلاند آلتمن استفاده شد.

یافته‌ها: هم‌بستگی معناداری بین VO_{2max} اندازه‌گیری‌شده و برآوردشده وجود داشت ($R = ۰/۷۶$ ،$P<۰/۰۱$). اختلاف معناداری بین VO_{2max} برآوردشده (۴۳/۱۰ ml/kg/min) و اندازه‌گیری‌شده (۴۳/۳۸ ml/kg/min) مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$ ،۰/۲۸ ml/kg/min= میانگین اختلاف). همچنین، نمودار گرافیکی بلاند آلتمن حاکی از توافق بین روش‌های اندازه‌گیری و برآورد VO_{2max} بود.

نتیجه‌گیری: در مطالعه‌ی حاضر، معادله‌ی بومی غیرورزشی از روایی بالایی در برآورد VO_{2max} نوجوانان برخوردار بود. به نظر می‌رسد که استفاده از معادلات غیرورزشی VO_{2max}، می‌تواند به‌عنوان ابزاری ساده، ایمن و کم‌هزینه برای ارزیابی حداکثر ظرفیت هوازی دانش‌آموزان در سطح گسترده به کار رود.

کلید واژه‌ها: آمادگی قلبی‌تنفسی، آزمون ورزشی، روایی

* **نویسنده مسئول:** ابراهیم زرین کلام، گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.
ایمیل: zarrinkalam@gmail.com

استناد: حسینی، سید غفار؛ زرین کلام، ابراهیم؛ حیدری، رضا؛ جلیلی، مجید. روایی معادله‌ی غیرورزشی بومی در برآورد حداکثر ظرفیت هوازی پسران نوجوان. مجله ارگونومی، زمستان ۱۴۰۲؛۱۱(۴): ۳۲۳-۳۱۵.

مقدمه

مهم‌ترین جزء آمادگی جسمانی که با سلامت افراد از کودکی تا بزرگ‌سالی ارتباط تنگاتنگی دارد، شاخص حداکثر ظرفیت هوازی است [۱]. حداکثر ظرفیت هوازی به توانایی دستگاه‌های قلب و عروق، ریه‌ها و دستگاه عصبی‌عضلانی در فعالیت‌های بدنی و ورزشی اشاره می‌کند. پژوهشگران علوم ورزشی از شاخص کمی حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2max}) به‌منظور اندازه‌گیری و مقایسه‌ی حداکثر ظرفیت هوازی استفاده می‌کنند [۲]. روش استاندارد اندازه‌گیری VO_{2max} پیچیده، وقت‌گیر و گران است. وانگهی، امکانات این روش در همه‌ی سالن‌ها یا باشگاه‌ها ورزشی مهیا نیست و صرفاً در مراکز پژوهشی پیشرفته وجود دارد. به همین دلیل، پژوهشگران این حوزه روش‌های جایگزین متنوعی برای برآورد VO_{2max} معرفی کرده‌اند. از بین این روش‌ها می‌توان به آزمون‌های ورزشی میدانی و نیز معادلات

غیرورزشی اشاره کرد [۲-۷].

آزمون‌های ورزشی میدانی روشی استاندارد با دقت نسبتاً بالا برای برآورد VO_{2max} است [۸]. بااین‌حال، کاربست آزمون‌های ورزشی میدانی نیازمند صرف زمان، هزینه و تخصص آزمونگر در اجرای آن است. در سوی مقابل، برآورد VO_{2max} به روش معادلات غیرورزشی، ساده، کم‌هزینه و سریع است. در این روش، با اندازه‌گیری چند متغیر ساده مانند سن، وزن، شاخص توده‌ی بدن و ضربان قلب استراحت، می‌توان VO_{2max} افراد را بدون انجام آزمون ورزشی در نمونه‌های آماری بزرگ در زمان کمتری برآورد کرد [۷, ۹]؛ بنابراین، به نظر می‌رسد که اندازه‌گیری و ارزیابی سطح حداکثر ظرفیت هوازی با استفاده از معادلات غیرورزشی VO_{2max} گزینه‌ای مناسب، ایمن، ساده و سریع در جمعیت‌های بزرگ مانند دانش‌آموزان باشد [۱۰]. در خارج از کشور، چند معادله‌ی غیرورزشی VO_{2max} در دامنه‌ی سنی کودک و نوجوان طراحی شده است [۱۱-۱۴]. بااین‌حال، معادلات غیرورزشی خارجی بر اساس آزمودنی‌های کشورهای خارجی طراحی شده‌اند که دارای نژاد، فرهنگ و سبک زندگی و جغرافیای زندگی متفاوتی هستند؛ بنابراین، قبل از استفاده از این دست معادلات غیرورزشی، ارزیابی روایی آن‌ها در دیگر جمعیت‌ها لازم به نظر می‌رسد.

در رابطه با روایی‌سنجی معادلات غیرورزشی VO_{2max}، چندین مطالعه درباره‌ی دانش‌آموزان سالم انجام گرفته است. پژوهشگران در مطالعه‌ای مروری در سال ۲۰۱۹، بیان کردند که معادلات برآورد غیرورزشی از روایی لازم برای برآورد VO_{2max} در کودکان و نوجوانان برخوردار است [۹]. راو و همکاران در مطالعه‌ی خود، از روایی مناسب معادله‌ی غیرورزشی برآورد VO_{2max} در پسران و دختران ۱۷ تا ۲۲ساله‌ی هندی خبر دادند [۱۵]. دلاوری و همکاران در پژوهش خود، دقت نسبی معادله‌ی برآورد غیرورزشی VO_{2max} را در جمعیت دختران دانش‌آموز گزارش کردند [۱۶]. همچنین، دانش و همکاران روایی معادلات غیرورزشی خارجی در برآورد VO_{2max} دانش‌آموزان پسر را تأیید کردند [۱۷]. نقطه‌ضعف مطالعات یادشده این است که فقط از روش هم‌بستگی پیرسون برای ارزیابی روایی استفاده کرده‌اند که کافی به نظر نمی‌رسد. بااین‌حال، پژوهش رضایی و همکاران در سال ۱۴۰۲، نشان داد که معادلات غیرورزشی VO_{2max} خارجی در کودکان و نوجوانان سالم ایرانی از روایی برخوردار نیست. به‌طوری که VO_{2max} برآوردشده به روش معادلات غیرورزشی، اختلاف معناداری با روش معیار تحلیل گازهای تنفسی داشت ($P<۰/۰۵$) [۱۸]. با توجه به نتایج ضدونقیض در رابطه با روایی معادلات غیرورزشی خارجی و با عنایت به اینکه معادلات غیرورزشی خارجی بر اساس جمعیت‌های متفاوت با کشور ایران از نظر ویژگی‌های نژادی، ترکیب بدن، جغرافیای زندگی، سبک زندگی و آمادگی بدنی طراحی شده‌اند، استفاده از معادلات بومی غیرورزشی برای برآورد حداکثر ظرفیت هوازی بهترین گزینه خواهد بود.

به‌تازگی، یک معادله‌ی غیرورزشی بومی برای برآورد VO_{2max} مختص پسران سالم نوجوان در ایران طراحی شده است [۱۴]. بااین‌حال، هنوز کارایی و صحت این معادله‌ی جدید بومی در نمونه‌ی آماری دیگری ارزیابی نشده است. به نظر می‌رسد که آگاهی از صحت برآورد و دقت این معادله‌ی بومی اعتماد پژوهشگران و مربیان ورزش برای کاربست آن به‌منظور برآورد حداکثر ظرفیت هوازی را به دنبال داشته باشد. بنابراین، ما در این پژوهش قصد داریم روایی معادله‌ی بومی غیرورزشی برآورد VO_{2max} را در دانش‌آموزان پسر نوجوان سالم ارزیابی کنیم.

روش کار

آزمودنی‌ها

در مطالعه‌ی حاضر، آزمودنی‌ها از بین ۱۰ مدرسه‌ی متوسطه‌ی اول از نقاط مختلف شهر همدان به روش خوشه‌ای هدفمند انتخاب شدند. در انتخاب مدارس به‌گونه‌ای عمل شد که مدارس نقاط مختلف شهر در طرح شرکت داشته باشند. ۲۴۸ دانش‌آموز پسر ۱۵ تا ۱۸ساله‌ی سالم، داوطلبانه، از مدارس منتخب شرکت کردند. نمونه‌ی آماری پژوهش حاضر در دامنه‌ی نمونه‌ی آماری مطالعات مشابه بود. همچنین، با توجه به اینکه ضریب هم‌بستگی مورد انتظار پژوهشگران در این حوزه اغلب ۷۰ درصد (ضریب هم‌بستگی بالا) است، با توجه به توان بالای ۸۰ درصد و احتمال خطای ۰/۰۵ در نمونه‌گیری، تعداد نمونه‌ی آماری بسیار کمتری مورد نیاز بود. بااین‌حال، برای افزایش توان آماری پژوهش از نمونه‌ی آماری بیشتری استفاده شد. به والدین دانش‌آموزان پرسش‌نامه‌ی آمادگی فعالیت بدنی (PAR-Q) [۱۹] و رضایت‌نامه‌ی کتبی داده شد و از آن‌ها درخواست شد که آن را تکمیل و امضا کنند و بر آن اثر انگشت بزنند. ملاک ورود به مطالعه داشتن سلامت بدنی کامل و توانایی اجرای آزمون ورزشی بود. بر اساس نتایج پرسش‌نامه‌ی PAR-Q و نیز بر اساس اطلاعات پرونده‌ی سلامت دانش‌آموزان که در مدرسه موجود بود، از ورود دانش‌آموزان مبتلا به بیماری‌های قلبی، تنفسی، عصبی، عضلانی، آناتومیکی و متابولیک به مطالعه ممانعت به عمل آمد. به والدین دانش‌آموزان توضیح داده شد که اطلاعات دانش‌آموزان محرمانه خواهد ماند و اندازه‌گیری‌ها با نظارت معاون پرورشی، مشاور بهداشت و معلم تربیت‌بدنی مدارس انجام خواهد شد.

اندازه‌گیری‌ها

اندازه‌گیری‌های ترکیب بدن در اتاق ورزش مدارس انجام شد. سن دقیق آزمونی‌ها با استفاده از تاریخ تولد فرد و زمان اندازه‌گیری متغیرهای پژوهش به‌وسیله‌ی نرم‌افزار تحت اکسل محاسبه شد. متغیرهای قد (سانتی‌متر)، وزن (کیلوگرم) و شاخص توده‌ی بدن (kg/m^2) به روش استاندارد اندازه‌گیری شدند.

برای اندازه‌گیری VO_{2max} ($ml/kg/min$) به روش میدانی، از آزمون ورزشی ۶ دقیقه پیاده‌روی (6MWT) استفاده شد [۲۰]. اعتبار و پایایی آزمون 6MWT در دانش‌آموزان کودک و نوجوان سالم ایران ارزیابی و تأیید شده است [۲۱]. دلیل انتخاب این آزمون میدانی استاندارد، ایمنی و سادگی اجرا، هزینه‌ی پایین و مقبولیت بالا در بین دانش‌آموزان است. در آزمون 6MWT، آزمودنی می‌بایست بیشترین

مسافت را در مدت‌زمان ۶ دقیقه به‌صورت پیاده‌روی تند طی کند. در این آزمون میدانی، مسیر پیاده‌روی مسیری مستقیم و صاف به طول ۳۰ متر است که به‌وسیله‌ی ۲ مانع مخروطی، دو انتهای آن مشخص می‌شود. با شروع آزمون، آزمودنی مسیر پیاده‌روی را به‌صورت رفت و برگشت مطابق با رهنمودهای استاندارد آزمون 6MWT طی می‌کند [۲۰]. در ادامه، به‌منظور محاسبه‌ی VO_{2max} دانش‌آموزان در آزمون 6MWT، از معادله‌ی رگرسیونی بومی ویژه‌ی دامنه‌ی سنی کودکان و نوجوانان استفاده شد [۲۲]:

VO_{2max} (ml/kg/min) =

۰/۰۷۶ × 6MWT (متر) − ۰/۵۳۷ × BMI (kg/m^2) - ۳/۵۱۸

همچنین، به‌منظور برآورد VO_{2max} دانش‌آموزان به روش غیرورزشی، از معادله‌ی بومی غیرورزشی ناظم و همکاران که ویژه‌ی دانش‌آموزان نوجوان ایرانی است، استفاده شد [۱۴]:

VO_{2max} (ml/kg/min) =

۴۵/۶۷۸ + ۱/۳۲۳ × سن (سال) − ۱/۱۱۶ × BMI (kg/m^2)

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

برای بررسی توزیع طبیعی داده‌ها، از آزمون شاپیروویلک استفاده شد. از شاخص‌های میانگین، انحراف معیار و کرانه‌ی بالا و پایین برای توصیف داده‌ها استفاده شد. به‌منظور ارزیابی روایی معادله‌ی غیرورزشی بومی VO_{2max} در مقایسه با روش میدانی، از روش‌های آماری هم‌بستگی پیرسون، تی هم‌بسته و توافق بلاند آلتمن در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به‌وسیله‌ی نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۲۴ انجام شد.

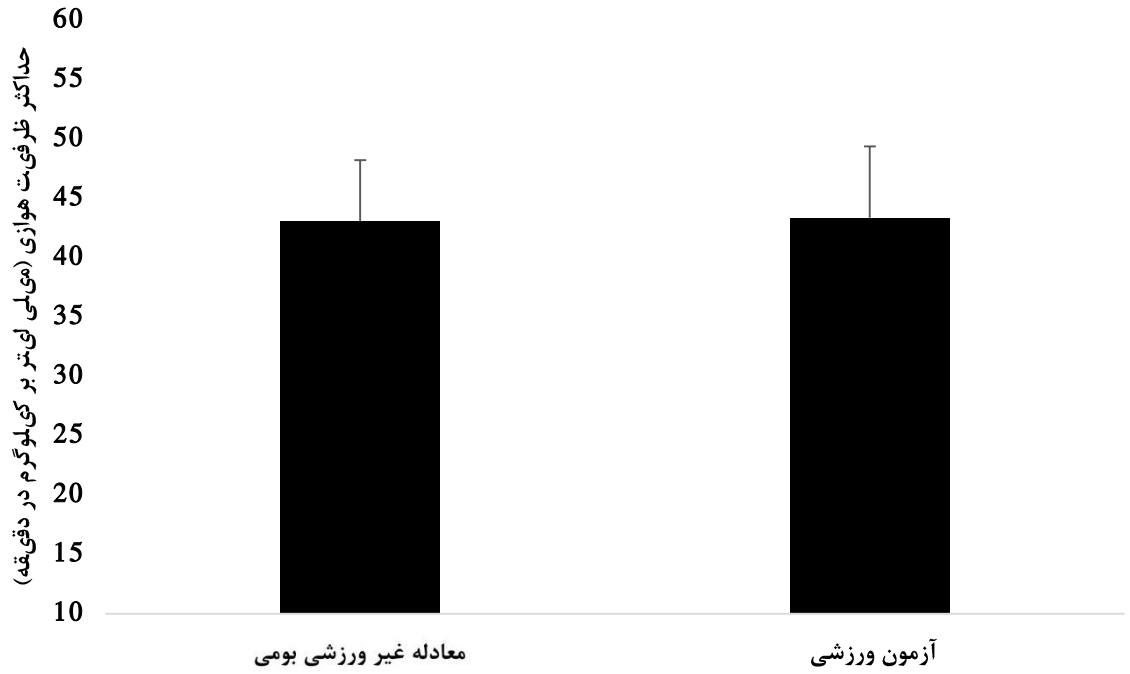
یافته‌ها

مشخصات کلی دانش‌آموزان شرکت‌کننده در پژوهش در جدول ۱ مشاهده می‌شود. با توجه به دامنه‌ی پراکندگی متغیرهای قد، وزن، شاخص توده‌ی بدن و مسافت طی‌شده در آزمون 6MWT، نتایج حاکی از تنوع بالای ترکیب بدنی و آمادگی جسمانی دانش‌آموزان در پژوهش حاضر است (جدول ۱).

هم‌بستگی معناداری بین VO_{2max} برآوردشده به روش معادله‌ی غیرورزشی و روش میدانی مشاهده شد ($P<۰/۰۱$) (جدول ۲). همچنین، بین VO_{2max} برآوردشده به روش معادله‌ی بومی غیرورزشی و VO_{2max} اندازه‌گیری‌شده به روش آزمون ورزشی میدانی اختلاف معناداری مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$) (جدول ۲ و نمودار ۱).

جدول ۱: مشخصات آزمودنی‌ها در مطالعه‌ی حاضر (۲۴۸ نفر)

متغیرها	میانگین ± انحراف معیار	کرانه‌ی پایین	کرانه‌ی بالا
سن (سال)	۱۶/۵۷±۰/۵۶	۱۵/۰۸	۱۷/۵۸
قد (cm)	۱۷۶/۵۲±۳/۳۷	۱۶۱/۵	۱۹۲/۵
وزن (kg)	۶۸/۴±۱۴/۴	۳۸	۱۲۰
شاخص توده‌ی بدن (kg/m^2)	۲۱/۹۵±۴/۵۳	۱۳/۴۶	۳۹/۹
آزمون میدانی ۶ دقیقه پیاده‌روی (متر)	۷۷۲±۵۹	۵۱۵	۹۹۵

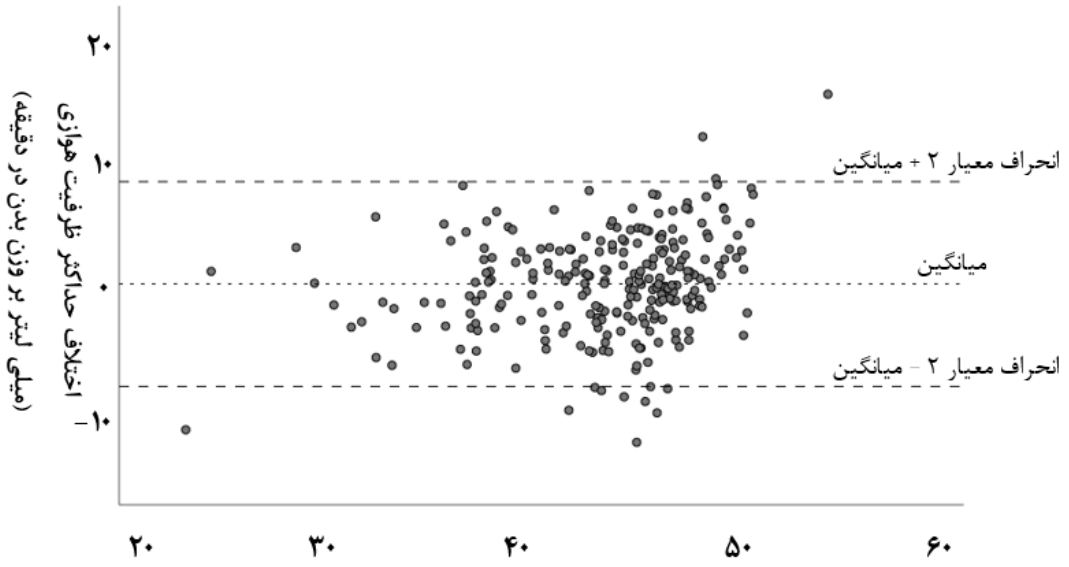


نمودار ۱: مقایسه‌ی حداکثر ظرفیت هوازی به روش آزمون ورزشی و معادله‌ی غیرورزشی

جدول ۲: مقایسه‌ی VO_{2max} به روش آزمون ورزشی میدانی با روش معادله‌ی غیرورزشی بومی

VO_{2max} آزمون ورزشی (ml/kg/min)	VO_{2max} غیرورزشی (ml/kg/min)	همبستگی (R)	میانگین اختلاف (ml/kg/min)	P-value
۴۳/۳۸±۶/۰۲	۴۳/۱۰±۵/۱۴	۰/۷۶*	۰/۲۸	۰/۲۷۹¥

*: همبستگی معنادار در سطح P<۰/۰۱ ، ¥: مقدار p مربوط به میانگین اختلاف است.



نمودار ۲: نمودار توافق بلاند آلتمن: میانگین VO_{2max} برآوردشده به روش معادله‌ی غیرورزشی و روش آزمون ورزشی میدانی (محور افقی) در برابر اختلاف VO_{2max} برآوردشده و اندازه‌گیری‌شده (محور عمودی). میانگین اختلاف‌ها و فاصله‌ی اطمینان ۹۵ درصد به‌ترتیب، به‌وسیله‌ی خطوط نقطه‌چین (...) و خط‌چین (- - -) مشخص شده است.

در نمودار گرافیکی بلاند آلتمن، میانگین VO_{2max} برآوردشده به روش معادله‌ی بومی غیرورزشی و روش اندازه‌گیری‌شده در آزمون ورزشی میدانی (محور افقی) در برابر اختلاف VO_{2max} برآوردشده و اندازه‌گیری‌شده (محور عمودی) ارائه شده است. در این نمودار، میانگین اختلاف‌ها و فاصله‌ی اطمینان ۹۵ درصد به‌ترتیب، به‌وسیله‌ی خطوط نقطه‌چین (...) و خط‌چین (- - -) مشخص شده است (نمودار ۲). طبق این نمودار، پراکندگی اختلاف میانگین‌های VO_{2max} پایین بود، به‌طوری که مقدار میانگین اختلاف VO_{2max} (خط نقطه‌چین در نمودار) به مقدار ایدئال (صفر) بسیار نزدیک بود (۰/۲۷ ml/kg/min) و انحراف معیار آن (خطوط خط‌چین نمودار) نیز کم بود (۳/۹۹ ml/kg/min).

بحث

در پژوهش حاضر، همبستگی بالایی بین VO_{2max} برآوردشده به روش معادله‌ی بومی غیرورزشی و روش میدانی مشاهده شد (P<۰/۰۰۱، R=۰/۷۶). همچنین، بین VO_{2max} برآوردشده به روش معادله‌ی بومی غیرورزشی (۴۳/۱۰ ml/kg/min) و VO_{2max} اندازه‌گیری‌شده به روش آزمون ورزشی میدانی (۴۳/۳۸ ml/kg/min)، اختلاف معناداری مشاهده نشد (P=۰/۲۷۹، ۰/۲۸ =ml/kg/min میانگین اختلاف). همچنین، نمودار بلاند آلتمن حاکی از توافق بین دو روش در برآورد VO2max بود.

اندازه‌گیری صحیح حداکثر ظرفیت هوازی از اهمیت بالایی در حوزه‌ی بهداشت و علوم ورزشی برخوردار است، به‌طوری که پژوهشگران همواره به دنبال روش‌های ساده، همه‌گیر و با روایی بالا برای اندازه‌گیری این شاخص سلامتی بوده‌اند [۲۳]. امروزه، حتی از تکنیک‌های هوش مصنوعی نیز برای برآورد حداکثر ظرفیت هوازی استفاده می‌شود [۲۴]. اندازه‌گیری VO_{2max} به‌وسیله‌ی آزمون‌های ورزشی، علی‌رغم دقت بالا در اندازه‌گیری، نیازمند حضور فرد متخصص، فضای وسیع، زمان زیاد و امکانات خاص هر آزمون ورزشی است، به‌طوری که کاربست آن‌ها در نمونه‌های آماری گسترده، عملاً غیرممکن است. برای خروج از محدودیت‌های آزمون‌های ورزشی در اندازه‌گیری VO_{2max}، از معادلات غیرورزشی برای برآورد VO_{2max} استفاده می‌شود [۹, ۱۱-۱۴].

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بین VO_{2max} برآوردشده به روش معادله‌ی بومی غیرورزشی و VO_{2max} اندازه‌گیری‌شده به روش آزمون ورزشی 6MWT، همبستگی بالایی وجود دارد (P<۰/۰۵ ، R = ۰/۷۶) (جدول ۲). همچنین، نتایج ما نشان داد که بین VO_{2max} برآوردشده به روش معادله‌ی بومی غیرورزشی (۴۳/۱۰ ml/kg/min) و VO_{2max} اندازه‌گیری‌شده (۴۳/۳۸ ml/kg/min) به روش آزمون ورزشی 6MWT،

اختلاف معناداری وجود ندارد (P=۰/۲۷۹، ml/kg/min ۰/۲۸=میانگین اختلاف)، به‌طوری که این میانگین اختلاف معادل ۰/۷ درصد VO_{2max} اندازه‌گیری‌شده در آزمون 6MWT بود که حاکی از دقت بالا و روایی معادله‌ی بومی غیرورزشی در برآورد VO_{2max} است (جدول ۲ و نمودار ۱). وجود هم‌بستگی بالا و نیز نبود اختلاف معنادار از شاخص‌های مهم در ارزیابی روایی یک آزمون است [۲۵].

مطالعات مروری بیان می‌کنند که معادلات برآورد غیرورزشی در صورت تأیید روایی در جمعیت مدنظر از عملکرد مناسبی برای برآورد VO_{2max} در جمعیت کودکان و نوجوان برخوردار هستند [۹]. همسو با نتایج ما، مطالعه‌ی راو و همکاران درباره‌ی ۶۰ دانش‌آموز هندی نشان داد که معادله‌ی غیرورزشی آن‌ها از روایی مناسبی برای برآورد VO_{2max} برخوردار است. البته، آن‌ها در پژوهش خود، از آزمون ورزشی پله‌ی کوبین برای ارزیابی معادله‌ی غیرورزشی استفاده کردند [۱۵]. در پژوهش دلاوری و همکاران که درباره‌ی ۲۸ دانش‌آموز دختر ۱۵ تا ۱۹ساله بود، مشخص شد که معادله‌ی برآورد غیرورزشی VO_{2max} از دقت نسبی در برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی دختران برخوردار است، به‌طوری که هم‌بستگی معناداری (P<۰/۰۵ ، R = ۰/۵۵) بین VO_{2max} اندازه‌گیری‌شده به روش سنجش گازهای تنفسی در آزمون ورزشی بر تردمیل و معادله‌ی غیرورزشی وجود داشت [۱۶]. همچنین، دانش و همکاران در پژوهش خود درباره‌ی ۲۰۰ پسر ۱۱ تا ۱۶ساله گزارش کردند که هم‌بستگی معناداری بین VO_{2max}های برآوردشده با معادله‌ی غیرورزشی خارجی و روش اندازه‌گیری با آزمون ورزشی یک مایل دویدن وجود دارد [۱۷]. در مقابل، رضایی و همکاران در مطالعه‌ی خود درباره‌ی ۳۴۹ پسر سالم ۸ تا ۱۷ساله گزارش کردند که بین VO_{2max} حاصل از معادلات غیرورزشی خارجی و روش معیار تحلیل گازهای تنفسی، اختلاف معناداری وجود دارد (میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه ۱۱/۶۹ - ۶/۴ = میانگین اختلاف) (P<۰/۰۵) [۱۸].

در پژوهش حاضر، علاوه بر روش هم‌بستگی پیرسون، از روش‌های آماری t هم‌بسته و توافق بلاند آلتمن نیز استفاده شد؛ چون صرف وجود هم‌بستگی معنادار بین دو روش، روایی تأیید نمی‌شود. متخصصان علوم آمار روش‌های تکمیلی دیگری مانند تی هم‌بسته، RMSE و توافق بلاند آلتمن را برای احراز روایی توصیه می‌کنند. در روش آماری تی هم‌بسته، تبیین اختلاف میانگین در دو روش قابل اندازه‌گیری و ارزیابی است (شکل ۱ و جدول ۲). بااین‌حال، آزمون تی هم‌بسته قادر به نشان دادن پراکندگی اختلاف‌های تک‌تک آزمودنی‌ها در دو روش نیست؛ بنابراین، در پژوهش حاضر، علاوه بر به‌کارگیری آزمون تی هم‌بسته، از نمودار گرافیکی توافق بلاند آلتمن نیز استفاده کردیم. در نمودار بلاند آلتمن، هرقدر میانگین اختلاف VO_{2max} به عدد صفر نزدیک‌تر باشد، روش جدید در مقایسه با روش معیار از دقت مناسبی برخوردار است. همچنین، هرقدر دامنه‌ی پراکندگی اختلاف برآوردها کوچک‌تر باشد، دقت روش جدید بیشتر است [۲۶]. بنابراین، با توجه به نمودار بلاند آلتمن در پژوهش حاضر (نمودار ۲)، میانگین و پراکندگی اختلاف VO_{2max} برآوردشده به‌وسیله‌ی معادله‌ی غیرورزشی بومی، اختلاف قابل توجهی با روش آزمون ورزشی میدانی ندارد.

با توجه با اینکه متغیرهای سن، قد، وزن و شاخص توده‌ی بدن در جمعیت‌های گسترده به‌سهولت قابل اندازه‌گیری است، معادله‌ی غیرورزشی به‌کاررفته در مطالعه‌ی حاضر می‌تواند به‌عنوان ابزاری مطمئن برای برآورد VO_{2max} دانش‌آموزان نوجوان در مدارس و مطالعات گسترده‌ی همه‌گیر به کار رود؛ بنابراین، توصیه می‌شود در شرایطی که اندازه‌گیری VO_{2max} با استفاده از آزمون‌های ورزشی میدانی میسر نیست، از معادلات بومی غیرورزشی با روایی بالا برای برآورد حداکثر ظرفیت هوازی در جمعیت گسترده‌ی دانش‌آموزان مقطع متوسطه‌ی دوم استفاده شود.

از نقاط قوت پژوهش حاضر می‌توان به استفاده از معادلات بومی مختص دانش‌آموزان پسر نوجوان ایرانی برای اندازه‌گیری VO_{2max} در آزمون ورزشی 6MWT و معادله‌ی غیرورزشی اشاره کرد [۱۴, ۲۲]. در واقع، در پژوهش حاضر، به‌جای استفاده از معادلات خارجی، از معادلات کاملاً بومی استفاده شده است. این تکنیک در مطالعات مشابه انجام‌شده در ایران، به کار گرفته نشده است. از محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به دامنه‌ی سنی محدود آزمونی‌ها و عدم کنترل سطح انگیزش آزمودنی‌ها هنگام اجرای آزمون ورزشی 6MWT اشاره کرد.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، معادله‌ی غیرورزشی بومی از اعتبار لازم برای برآورد VO2max در جمعیت دانش‌آموزان ۱۵ تا ۱۸ساله برخوردار بود. به نظر می‌رسد که پژوهشگران علوم ورزشی و تندرستی و مربیان ورزش می‌توانند از معادله‌ی بومی برآورد غیرورزشی VO2max به‌عنوان ابزاری ساده، سریع، ایمن و کم‌هزینه برای اندازه‌گیری و ارزیابی حداکثر ظرفیت هوازی دانش‌آموزان در سطح گسترده استفاده کنند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این اثر بدین‌وسیله، از دانش‌آموزان شرکت‌کننده در این پژوهش قدردانی می‌کنند.

تضاد منافع

در مقاله‌ی حاضر، تضاد منافع وجود ندارد.

سهم نویسندگان

همه‌ی نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله سهم یکسانی داشتند.

ملاحظات اخلاقی

توسط کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی همدان با کد IR.UMSHA.REC.1394.116 تصویب شد.

حمایت مالی

منابع مالی این مطالعه را نویسندگان تأمین کرده‌اند.

REFERENCES

1. Guo J, Fraser BJ, Blizzard L, Schmidt MD, Dwyer T, Venn AJ, et al. Tracking of Cardiorespiratory Fitness from Childhood to Mid-adulthood. *J Pediatr*. 2024;264:113778. [DOI: 10.1016/j.jpeds.2023.113778]
2. Shadabnik E, Nazem F, Jalili M. Evaluation of heart rate index equations for prediction of maximal oxygen uptake in healthy adolescent boys: Cross-validation by respiratory gas analysis method. J *Sport Exerc Psychol*. 2023;16(3):76-86. [Persian]. [DOI: 10.48308/joeppa.2023.103910]
3. Jalili M, Nazem F, Qaragozlu A. Developing First Native Regression Equations to Predict of Cardiorespiratory Fitness in Healthy Boys. *Iran J Public Health*. 2023. [DOI: 10.18502/ijph.v52i12.14327]
4. Zadarko-Domaradzka M, Sobolewski M, Nizioł-Babiarz E, Barabasz Z, Warchoł K, Niewczas-Czarna K, et al. An investigation of the utility of waist circumference predicting cardiorespiratory fitness in school children: a cross-sectional study. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(1): 851. [DOI: 10.3390/ijerph20010851]
5. Zadarko E, Przednowek KH, Barabasz Z, Zadarko-Domaradzka M, Nizioł-Babiarz E, Hulewicz T, et al. Prediction of Cardiorespiratory Fitness Level of Young Healthy Women Using Non-Exercise Variables. *Appl Sci*. 2023;13(24):13251. [DOI: 10.3390/app132413251]
6. Rosoł M, Petelczyc M, Gąsior JS, Młyńczak M. Prediction of peak oxygen consumption using cardiorespiratory parameters from warmup and submaximal stage of treadmill cardiopulmonary exercise test. *Plos one*. 2024;19(1):e029 1706. [DOI: 10.1371/journal.pone.0291706]
7. Liu Y, Herrin J, Huang C, Khera R, Dhingra LS, Dong W, et al. Nonexercise machine learning models for maximal oxygen uptake prediction in national population surveys. *J Am Med Inform Assoc*. 2023;30(5):943-52. [DOI: 10.1093/jamia/ocad035]
8. Armstrong N, Welsman JR. Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. *Exerc Sport Sci Rev*. 1994;22:435-76. [PMID: 7925551]
9. Wang Y, Chen S, Lavie CJ, Zhang J, Sui X. An overview of Non-exercise estimated cardiorespiratory fitness: estimation equations, cross-validation and application. *J Sci Sport Exerc*. 2019;1(1):38-53. [DOI: 10.1007/s42978-019-0003-x]
10. Jurca R, Jackson AS, LaMonte MJ, Morrow Jr JR, Blair SN, Wareham NJ, et al. Assessing cardiorespiratory fitness without performing exercise testing. *Am J Prev Med*. 2005;29(3):185-93. [10.1016/j.amepre.2005.06.004]
11. Erdmann LD, Hensley LD, Dolgener FA, Graham RE. Nonexercise Prediction of VO2peak in Middle School-Age Boys. *Meas Phys Educ Exerc Sci*. 1999;3(1):37-50. [DOI: https://doi.org/10.1207/s15327841mpee0301_3]
12. Verma SS, Gupta RK, Kishore N, Sen Gupta J. A simple relationship between maximal aerobic power and body weight in Indian adolescent boys. *Indian J Med Sci*. 1986;40(4):93-6. [PMID]
13. Bonen A, Heyward V, Cureton K, Boileau R, Massey B. Prediction of maximal oxygen uptake in boys, ages 7-15 years. *Med Sci Sports*. 1979;11(1):24-9. [PMID]
14. Nazem F, Rezaei A, Saki H. Design and validation of non-exercise equations for estimation of aerobic capacity in Iranian boys. *Iran J Ergon*. 2020;8(2):50-60. [Persian]. [DOI: 10.30699/jergon.8.2.50]
15. Rao AV, Phadke AV, Patil PB, Joshi AR. Comparison of non-exercise test and step test in estimation of aerobic capacity (VO2max) in young adults. *Natl J Physiol Pharm Pharmacol*. 2014;4(3):218-20. [DOI: 10.5455/njppp.2014.4.150420141]
16. Delavari N, Razavi FS, Agha-ali-nejat H, Shemshaki A. Validity of non-Exercise Equation to Estimate of VO2max in Active Women in Comparison with Gas Analysis. *The 9th International Conference on Physical Education and Sport sciences*; March 9 – March 10; Tehran 2016. [Persian]. https://www.sid.ir/paper/831589/fa
17. Danesh S. Investigating the relationship between the one-mile run test, Queen's step and the no-sports model in estimating vo2max of 11- to 16-year-old students [Master's thesis]. Tehran: *Shahid Rajaei Teacher Traning University*; 2009. [Persian]. https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/c6b581cccaa0db2ff53f9e0ab3bbf9e7
18. Rezaee A, Rahimi M, Jalili M, Nazem F. Evaluation of non-exercise regression equations in prediction of VO2max 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*. 2023;11(26):8-19. [Persian]. [DOI: 10.22077/jpsbs.2022.4956.1690]
19. Adams R. Revised Physical Activity Readiness Questionnaire. *Can Fam Physician*. 1999;45:992. [PMID]
20. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166(1):111-7. [DOI: 10.1164/ajrccm.166.1.at1102]
21. Jalili M, Nazem F. Evaluation of Validity and Reliability of Diagnostic 6 Minute Walk Test (6MWT) in the Measurment of Cardio-Respiratory Efficiency with Gass Exchage Analysis in Boys. *Jundishapur Scientific Medical Journal*. 2017;16(2):209-22. [Persian]. [DOI: 10.22118/JSMJ.2017.49246]
22. Jalili M, Nazem F, Sazvar A. Design and cross-validation of prediction equation based on 6-minute walk test for assessing the cardiorespiratory efficiency in Iranian adolescent boys. *J Shahrekord Univ Med Sci*. 2019;21(1): 19-24. [DOI: 10.34172/jsums.2019.04]
23. Maranhão Neto Gde A, Lourenço PM, Farinatti Pde T. [Prediction of aerobic fitness without stress testing and applicability to epidemiological studies: a systematic review]. *Cad Saude Publica*. 2004;20(1):48-56. [DOI: 10.1590/s0102-311x2004000100018]
24. Ashfaq A, Cronin N, Müller P. Recent advances in machine learning for maximal oxygen uptake (VO2 max) prediction: A review. *Inform Med Unlocked*. 2022;28:100863. [DOI: 10.1016/j.imu.2022.100863]
25. Atkinson G, Nevill AM. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med*. 1998;26(4):217-38. [DOI: 10.2165/00007256-199826040-00002]
26. Bland JM, Altman D. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The lancet*. 1986;327(8476):307-10. [PMID]