Journal of Sport and Exercise Physiology
2025, 18(3): 68-84

Orginal Article

Correlation between Bruce laboratory test and field tests of YO-YO IRT2 and FIET in estimating aerobic power of elite futsal players

Bijan Khodayari*, Abdolhossein Parnow, Worya Tahmasebi, Karim Firouzbakt

Sport Sciences Faculty, Razi University, Kermanshah, Iran

Abstract

Background and Purpose: Futsal is a high-intensity intermittent sport that its energy is supplied through both aerobic and anaerobic pathways. This reality in futsal, makes it important to assess and understand the physiological indicators such as lactate, heart rate, respiratory exchange ratio, and VO_2max in futsal players. Futsal players must have high aerobic fitness, and evaluating aerobic fitness indicators and their measurement techniques require understanding the related field tests. On the other hand, improving various physical aspects of futsal players requires accurate and specific evaluation of the futsal game, while, accurate evaluation requires accurate and specific tools for this sport. The aim of this study was to investigate the relationship between Bruce laboratory test (BLT) and two field tests (YO-YOIRT2 & FIET) used for determining aerobic power in elite futsal players.

Materials and Methods: Fifteen elite futsal players (age, 20.4±1.85 yrs; height, 1.78±0.0437 m; body mass, 66.33±7.13 kg; and BMI, 20.80±1.62 kg/m^2) participated in this study. After familiarization with the study procedure, the main tests were performed on three different sessions, interspersed with one week. In these three sessions, all participants randomly performed the Bruce laboratory test on treadmill, the YO-YO IRT2 test, and the FIET test for measuring VO_2max, RER, blood lactate, and maximal heart rate (MHR) via gas analysis, lactometer, and heart rate monitoring (Polar system), respectively. Pearson correlation coefficient was used to determine relationship between the variables.

Results: Data analyses showed a significant positive correlation among the VO_2max factors (r=0.54, p=0.034), and RER (r=0.60, p=0.017) in the Bruce and YO-YO IRT2 tests, as well as blood lactate (r=0.60, p=0.017,) in the Bruce and FIET tests. Additionally, there was a significant positive correlation between the maximum heart rate factor for Bruce and YO-YO IRT2 (r=0.82, p=0.001), Bruce and FIET (r =0.95, p=0.001,), and Yo-Yo IRT2 and FIET (r=0.81, p=0.001). However, there was no significant correlation between the VO_2max and RER in the Bruce and FIET tests, and and in the YO-YO IRT2 and FIET tests. Additionally, there was no significant correlation between blood lactate in the Bruce and YO-YO IRT2 tests, and between the YO-YO IRT2 and FIET tests.

* Corresponding Author's E-mail: b.khodayari@razi.ac.ir
https://doi.org/10.48308/joeppa.2025.237820.1318
Received: 08/12/2024 Revised: 08/05/2025 Accepted: 10/05/2025

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Conclusion: Based on the results of this study, it can be stated that the YO-YO IRT2 test is a valid and reliable test for assessing the aerobic capacity of elite male futsal players. Moreover, according to the correlations between blood lactate levels in the Bruce test and FIET, as well as the HRmax across all three laboratory tests (Bruce, Yo-Yo IRT2 and FIET), it can be stated that the physiological stress imposed by these tests on different body systems is similar in elite male futsal players.

Keywords: Aerobic power, VO2max, Blood Lactate, Maximum Heart Rate, Gas Exchange Ratio

How to cite this article: Khodayari B, Parnow A, Tahmasebi W, Firouzbakt K. Correlation between Bruce laboratory test and field tests of YO-YOIRT2 and FIET in estimating aerobic power of elite futsal players. J Sport Exerc Physiol. 2025;18(3):68-84.

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی
۱۴۰۴، دوره ۱۸، شماره ۳، صفحه‌های ۶۸-۸۴

مقاله پژوهشی

همبستگی بین آزمون‌های آزمایشگاهی بروس و میدانی YO-YOIRT2 و FIET در برآورد توان هوازی فوتسالیست‌های نخبه

بیژن خدایاری* ، عبدالحسین پرنو ، وریا طهماسبی ، کریم فیروز بخت

دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

چکیده

زمینه و هدف: فوتسال ورزشی متناوب و با شدت بالاست که انرژی آن از دو مسیر هوازی و بی‌هوازی تأمین می‌شود. این واقعیت موجود در بازی فوتسال، ارزیابی و شناخت موقعیت نشانگرهای فیزیولوژیکی مانند لاکتات، ضربان قلب، نسبت تبادل تنفسی و VO_2max را در بازیکنان فوتسال دارای اهمیت می‌کند. بازیکنان فوتسال باید آمادگی هوازی بالایی داشته باشند، ارزیابی نشانگرهای آمادگی هوازی و روش‌های ارزیابی آن‌ها نیازمند شناخت آزمون‌های میدانی وابسته به این رشته ورزشی است. از طرفی، تقویت جنبه‌های مختلف بدنی بازیکنان فوتسال نیازمند ارزیابی دقیق و ویژهٔ بازی فوتسال است و ارزیابی دقیق نیازمند ابزار دقیق و مختص به این رشتهٔ ورزشی است؛ بنابراین، هدف از پژوهش حاضر تعیین همبستگی بین آزمون‌های آزمایشگاهی بروس و میدانی (YO-YOIRT2 و FIET) در توان هوازی فوتسالیست‌های نخبه بود.

مواد و روش‌ها: ۱۵ بازیکن نخبه با میانگین سن ۱/۸۵± ۲۰/۰۴ سال، قد ۴/۳۷±۱۷۸/۳۷ سانتی‌متر، تودهٔ بدن ۷/۱۳±۶۶/۳۳ کیلوگرم، درصد چربی ۳/۲۴±۱۱/۲۹ و BMI، ۱/۶۲±۲۰/۸۰ در پژوهش حاضر شرکت کردند. پس از آشنایی با اجرای آزمون‌ها، شرکت‌کنندگان به سه گروه تقسیم شدند و در سه جلسهٔ جداگانه و به فاصلهٔ یک هفته به‌طور متناوب آزمون‌ها را اجرا کردند. آزمون بروس با استفاده از نوار گردان و آزمون‌های YO-YOIRT2 و FIET در سالن انجام شد. VO2max از طریق ارزیابی سه آزمون بروس، YO-YOIRT2و FIET، RER با دستگاه تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی، همچنین ضربان قلب بیشینه به‌وسیلهٔ ضربان‌سنج پولار و لاکتات خون با لاکتومتر اندازه‌گیری شد. برای ارتباط‌سنجی بین داده‌های سه آزمون، از آزمون آماری ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. سطح معناداری تحلیل آماری P<۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج: بین عوامل VO2max (P=۰/۰۳۴، r=۰/۵۴)، RER (P=۰/۰۱۷، r=۰/۶۰) در آزمون‌های بروس و YO-YOIRT2 و لاکتات خون (P=۰/۰۱۷، r=۰/۶۰) در آزمون‌های بروس و FIET، همچنین در عامل ضربان قلب بیشینه بین آزمون‌های بروس و YO-YOIRT2 (P=۰/۰۰۱، r=۰/۸۲)، آزمون‌های بروس و FIET (P=۰/۰۰۱، r=۰/۹۵) و آزمون‌های Yo-YoIRT2 و FIET (P=۰/۰۰۱، r=۰/۸۱) همبستگی مثبت و معنادار وجود دارد؛ اما بین عوامل VO2max و RER در آزمون‌های بروس و FIET و آزمون‌های YO-YOIRT2 و FIET، همچنین بین لاکتات خون آزمون‌های بروس و YO-YOIRT2 و آزمون‌های YO-YOIRT2 و FIET هیچ‌گونه همبستگی معناداری دیده نشد.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان گفت آزمون YO-YOIRT2 در برآورد توان هوازی بازیکنان نخبهٔ فوتسال مرد آزمونی معتبر و قابل استناد است. با توجه به وجود همبستگی بین لاکتات خون در آزمون‌های بروس و FIET، همچنین در عامل HRmax بین هر سه آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون‌های میدانی Yo-YoIRT2 و FIET بازیکنان نخبهٔ فوتسال مرد می‌توان گفت

* رایانامه نویسنده مسئول: b.khodayari@razi.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۸ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۰

که فشار فیزیولوژیکی این آزمون‌ها بر دستگاه‌های مختلف بدن اعمال می‌کنند، نسبتاً مشابه است.

واژه‌های کلیدی: توان هوازی، اکسیژن مصرفی بیشینه، لاکتات خون، ضربان قلب بیشینه، نسبت تبادل گازهای مصرفی

نحوه استناد به این مقاله: خدایاری ب، پرنو ع، طهماسبی و، فیروزبخت ک. بررسی همبستگی بین آزمون‌های آزمایشگاهی بروس و میدانی YO-YOIRT2 و FIET در برآورد توان هوازی فوتسالیست‌های نخبه. نشریهٔ فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی.۱۴۰۴؛۱۸(۳):۶۸-۸۴.

مقدمه

فوتسال رشتهٔ ورزشی متناوب با شدت بالاست که انرژی آن از دو مسیر هوازی و بی‌هوازی تأمین می‌شود (۱،۲). توانایی انجام فعالیت با شدت بالا در طی یک دورهٔ زمانی طولانی همراه با ظرفیت هوازی خوب از نیازهای فیزیولوژیکی اساسی برای موفقیت محسوب می‌شود (۳)؛ آن‌ها برای دستیابی به اوج اجرای ورزشی مجبور به بالا بردن سطح هماهنگی، استقامت، قدرت، توان، چابکی، سرعت و از همه مهم‌تر توانایی‌های قلبی-عروقی یعنی اکسیژن مصرفی بیشینه[1] (VO_2max) هستند (۵،۴). در بازی فوتسال فعالیت‌های مکرری با شدت بالایی وجود دارد که به‌منظور تأمین انرژی مورد نیاز فرصت استفاده از اکسیژن کمتر است و به‌ناچار بدن به روش‌های بی‌هوازی متکی است. بنابراین، اگر این فعالیت‌های شدید بیش از بازهٔ زمانی ۱۰ ثانیه باشند یا حتی زمان‌های کمتر از ۱۰ ثانیه ولی مکرراً انجام شوند، دستگاه بی‌هوازی با تولید لاکتات را درگیر خواهند کرد (۳). این واقعیت موجود در بازی فوتسال، ارزیابی و شناخت از موقعیت نشانگرهای فیزیولوژیکی مانند لاکتات، ضربان قلب، نسبت تبادل تنفسی و VO_2max را در بازیکنان فوتسال مهم می‌کند؛ از آنجایی که ضروری است بازیکنان فوتسال آمادگی هوازی بالایی داشته باشند تا خستگی به تأخیر بیفتد (۶،۵) و نشان داده شده است داشتن توان هوازی بالا در بازیکنان فوتسال دست‌کم ۵۵ میلی‌لیتر در دقیقه به ازای هر کیلوگرم وزن بدن ضروری است (۸،۷)، ارزیابی این نشانگرها، روش‌های ارزیابی آن‌ها و شناخت آزمون‌های میدانی وابسته به این رشتهٔ ورزشی ضروری است و الگوی تمرین دادن جنبه‌های مختلف بدنی بازیکنان فوتسال نیازمند ارزیابی دقیق و ویژهٔ بازی فوتسال و ارزیابی دقیق نیز نیازمند ابزار دقیق و ویژهٔ مشابه فعالیت‌های مختلف این رشتهٔ ورزشی است.

در بسیاری از رشته‌های مختلف ورزشی به‌خصوص فوتسال که توان هوازی در آن اهمیت دارد، پژوهشگران پیوسته در جست‌وجوی بهبود روش‌های ارزیابی عملکرد هوازی ورزشکاران هستند. در این زمینه استفاده از ابزار و وسایل مناسب سنجش، یکی از مراحل عمدهٔ برنامه‌ریزی درست تمرینات ورزشی و بهبود عملکرد رقابتی ورزشکاران است (۹). روش‌های آزمایشگاهی، عملکرد استقامتی و به‌ویژه توان هوازی ورزشکاران را دقیق‌تر اندازه‌گیری می‌کنند، با وجود این، سنجش توان هوازی در محیط آزمایشگاهی محدودیت‌هایی دارد که پژوهشگران را به‌سوی طراحی آزمون‌های میدانی سوق می‌دهد (۶). نداشتن اصل ویژگی، زمان‌بر بودن و سختی اجرای آزمون و حتی هزینه‌های زیاد از جملهٔ این محدودیت‌ها در استفاده از آزمون‌های آزمایشگاهی است (۱۰). امروزه استفاده از آزمون‌های میدانی روا و معتبر و با رعایت اصل ویژگی (۲) همچنین سادگی و کم‌هزینه بودن (۱۱،۱۲) ارزیابی ورزشکاران در سطوح مختلف را امکان‌پذیر کرده است. با این همه، بازیکنان رشته فوتسال از جمله ورزشکارانی هستند که کمتر ارزیابی شده‌اند یا برای ارزیابی آن‌ها از آزمون‌های روتین و غیرویژه استفاده شده است (۷،۱۳). روایی و پایایی آزمون‌ها به‌ویژه آزمون‌های میدانی نیز اهمیت ویژه‌ای دارد و همواره تلاش می‌شود آزمون‌هایی ابداع شوند که علاوه بر جنبهٔ علمی و کاربردی آن، روایی و پایایی لازم را نیز داشته باشند (۱۴). به همین دلیل، برای ارزیابی دستگاه‌های انرژی هوازی و بی‌هوازی در ورزش‌های تیمی، از آزمون‌های میدانی با فرض برخورداری از روایی صوری (۱۵) و همبستگی مستقیم با مهارت‌ها یا ویژگی‌های فیزیولوژیک ورزش موردنظر، طراحی شده‌اند (۱۶). در این زمینه هاف و همکاران (۲۰۰۲) آزمون میدانی ویژه‌ای را برای ارزیابی VO_2max بازیکنان فوتبال طراحی کردند (۱۷). یکی دیگر از آزمون‌های میدانی که در فوتبال شناخته شده

و در پژوهش‌های زیادی بررسی شده است، مجموعه آزمون‌های استقامتی یو-یو[۲] است (۱۸،۱۲،۱۱). برخلاف فوتبال که ظاهراً شباهت زیادی با فوتسال دارد و پژوهش‌های زیادی در زمینه‌های مختلف از جمله ارزیابی بازیکنان فوتبال انجام شده است (۱۲،۱۱،۲)، تحقیقات انجام‌گرفته در جنبه‌های مختلف و به‌ویژه ارزیابی بازیکنان فوتسال غنی نیست. با این همه، در دهه‌های اخیر باربرو-آلوارز[۳] و همکاران (۲۰۰۵) برای اولین بار آزمون استقامتی تناوبی فوتسال[۴](FIET) را به‌منظور ارزیابی توان هوازی بازیکنان فوتسال و توانایی آن‌ها در اجرای فعالیت‌های تناوبی با شدت بالا طراحی کردند که متشکل از دویدن رفت و برگشت به‌صورت فزاینده در زمین فوتسال و تا حدودی مشابه ماهیت بازی فوتسال بود (۱۴).

مهم‌ترین بخش تحقیق آزمون‌ها و بررسی همبستگی بین آزمون‌های میدانی و آزمایشگاهی وجود آزمونی معتبر و مرجع است که اعتبار آزمون وابسته را دقیق‌تر ارزیابی می‌کند (۱۹). در حوزۀ ارزیابی عملکرد قلب و عروق و نشانگر معتبری مانند VO_2max آزمون آزمایشگاهی نوار گردان بروس[۵] (BTT) یکی از آزمون‌های معتبری است که روایی و پایایی آن در ورزش‌های مختلف بارها نشان داده شده است (۲۲،۲۱،۲۰،۱۳). همچنین همبستگی بین این آزمون و سایر آزمون‌های میدانی بررسی شده است (۲۱،۸). با این همه، مطالعه‌ای که همبستگی BTT با Yo-Yo IRT2 و FIET را بررسی کرده باشد، در دست نیست. بنابراین، وجود آزمون‌های Yo-Yo IRT2 و FIET برای بازیکنان فوتسال با توجه به ماهیت این آزمون‌ها و شباهتی که با بازی فوتسال دارد و بررسی همبستگی آن‌ها با آزمون معتبری مانند BTT برای نویسندگان پژوهش حاضر از ضروریات انجام این پژوهش است.

عملکرد قلبی- تنفسی که با نشانگر فیزیولوژیکی VO_2max ارتباط تنگاتنگی دارد، به کمک آزمون‌های آزمایشگاهی و میدانی معتبر ورزشی می‌تواند VO_2max را برآورد و توانایی قلب و عروق را بسنجد. از طرفی، VO_2max همبستگی بالایی با میزان فعالیت بازیکنان دارد و می‌تواند یک مزیت فیزیولوژیکی برای نشان دادن عملکرد باشد (۲۳،۱۲). در این زمینه ضروری است به معیارهای برآورد دقیق VO_2max توجه شود که می‌توان به نسبت تبادل گازهای تنفسی[۶] (RER)، ضربان قلب پایانی[۷] (EHR) و لاکتات خون[۸] [(La)b] اشاره کرد که عبارت‌اند از: رسیدن به فلات اکسیژن مصرفی در آزمون‌های تمرینی فزاینده (تعریف‌شده به‌عنوان بالا رفتن دست‌کم از ۲ $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ در مراحل پایانی آزمون)؛ افزایش RER تا بیشتر از ۱/۱۵؛ افزایش ضربان قلب در حدود (ضربه۱۰±) EHR پیش‌بینی شده و افزایش سطح لاکتات خون تولیدی به بالاتر از ۸ mmol/l (۲۴)، بدین ترتیب استفاده از ابزار ویژه و دقیق برای بررسی این عوامل در پژوهش حاضر نیز مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به بیشینه بودن آزمون‌های هوازی مورد استفاده در پژوهش حاضر مشارکت آزمودنی‌های تمرین‌کرده و نخبه نیز می‌تواند در تفسیر نتایج تحقیق کمک‌کننده باشد.

نظری اجمالی به پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد وجود آزمون‌های روا و پایایی که در شرایط میدانی انجام گیرند و نتایج آن‌ها قابل تعمیم به موقعیت‌های میدانی باشد، بسیار کم و ناچیزند. از طرفی، خلأیی که در زمینۀ نبود آزمون‌های تخصصی و کاربردی برای تعیین روش‌های تقویت آمادگی هوازی موجود است، شاید بررسی همبستگی بین آزمون آزمایشگاهی معتبری مانند بروس و آزمون‌های میدانی و در این پژوهش به‌طور خاص مانند Yo-Yo IRT2 و FIET را ایجاب می‌کند. بنابراین تعیین همبستگی بین آزمون BTT و آزمون‌های Yo-Yo IRT2 و FIET یک هدف مهم تحقیقی است که باید بررسی شود. از آنجایی که آزمون‌های Yo-Yo IRT2 و FIET در شرایطی اجرا

می‌شوند که به شرایط واقعی ورزش فوتسال بسیار نزدیک است، نتایج این پژوهش می‌تواند مورد استفادهٔ سایر پژوهشگران، مربیان، ورزشکاران نخبه و حتی ورزشکاران عادی نیز قرار گیرد. بنابراین هدف اصلی این پژوهش پاسخ به این پرسش است که آیا بین آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون‌های میدانی Yo-Yo IRT2 و FIET در ارزیابی توان هوازی در بازیکنان نخبه فوتسال همبستگی وجود دارد؟

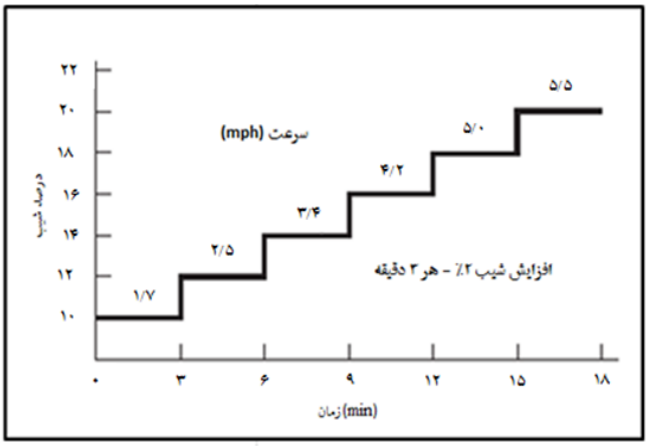
روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: جامعهٔ آماری پژوهش شامل همهٔ بازیکنان نخبهٔ فوتسال ۱۸ تا ۳۰ سال شهر کرمانشاه در مسابقات لیگ ۹۴ – ۹۵ استان و لیگ‌های بالاتر بودند. ۱۵ بازیکن نخبهٔ فوتسال، پس از داشتن معیارهای ورود در پژوهش شرکت کردند. معیارهای ورود در پژوهش حاضر شامل داشتن سن ۱۸ تا ۳۰ سال، سابقهٔ فعالیت حرفه‌ای فوتسال دو تا پنج سال در لیگ برتر فوتسال استان و بالاتر، داشتن دست‌کم سه تا پنج جلسه تمرین در هفته، سلامت عمومی و نداشتن هرگونه بیماری حاد و مزمن مانند (سرماخوردگی، بیماری‌های عفونی و ...). علاوه بر این، معیارهای خروج از پژوهش عبارت بودند از: عدم حضور در یکی از وهله‌های پژوهش، خروج داوطلبانهٔ شرکت‌کنندگان از پژوهش، ابتلا به بیماری یا ناراحتی در حین پژوهش، آسیب‌دیدگی در بین مراحل پژوهش و رعایت نکردن نکات توصیه‌شده در طول دورهٔ پژوهش.

روش اجرای پژوهش: در اولین جلسهٔ پژوهش، برای آزمودنی‌ها نوع و هدف پژوهش، نحوهٔ همکاری و ابزار پژوهش شرح داده شد. پس از آشنایی با آنان مشخصات فردی بازیکنان در برگه‌های ویژهٔ اطلاعات ثبت شد و آزمودنی‌ها داوطلبانه پس از پر کردن برگهٔ رضایت‌نامه در این پژوهش شرکت کردند. برای آگاهی از سوابق ورزشی و وضعیت سلامت آزمودنی‌ها و همچنین اعلام آمادگی برای حضور دقیق، پرسشنامه (سابقهٔ ورزشی و سلامت عمومی) بین آزمودنی‌ها توزیع و پس از تکمیل گردآوری شد. در جلسهٔ دوم به آزمودنی‌ها چگونگی مراحل مختلف پژوهش شامل اجرای تعداد جلسات آزمون توضیحات لازم ارائه شد. سپس روش اجرا، تاریخ و محل تشکیل برنامهٔ روز اول آزمون ذکر شد. اندازه‌های ترکیب بدنی شامل قد، تودهٔ بدن و درصد چربی اندازه‌گیری شد. پس از آن در سه جلسهٔ آزمون‌گیری (در سه هفتهٔ متوالی و هر هفته یک آزمون) انجام شد. تعداد آزمودنی‌ها ۱۵ نفر بود و در هر هفته یک‌بار تمام آزمودنی‌ها در یک روز مشخص، یکی از آزمون‌ها را اجرا کردند. این فرایند سه جلسه برای کل اعضای گروه تکرار شد، یعنی هر کدام از آزمودنی‌ها سه بار آزمون دادند. همچنین از آزمودنی‌ها خواسته شد که ۴۸ ساعت پیش از اجرای هر آزمون از هرگونه فعالیت بدنی خودداری کنند. شرایط محیطی همهٔ آزمودنی‌ها یکسان بود، با اینکه کنترل وضعیت تغذیهٔ آزمودنی‌ها به‌طور کامل میسر نبود، اما به آن‌ها توصیه شد ۲۴ ساعت پیش از اجرای هر آزمون از خوردن قهوه، کافئین، الکل و داروهای محرک و مسکن خودداری کنند.

آزمون‌های تجزیهٔ گازهای تنفسی

آزمون بروس (BTT): برای اندازه‌گیری VO_2max آزمودنی‌ها، آزمون آزمایشگاهی نوار گردان بروس (BTT) روی نوار گردان (h/p/cosmos pulsar 3p 5.0 ساخت آلمان)، در شش مرحلهٔ سه‌دقیقه‌ای اجرا می‌شود که در هر مرحله سرعت و درصد شیب نوار گردان تغییر می‌یابد. به‌طور خلاصه، اولین مرحله با سرعت ۲/۷ کیلومتر در ساعت (۱/۷ مایل) و شیب ۱۰ درجه آغاز شده و سپس سرعت (۰/۷ مایل) و شیب (۲ درجه) با نسبت ثابت، در هر مرحله اضافه می‌شود. آزمون با فشار کاری پایین آغاز شده و به‌تدریج بر فشار کار افزوده می‌شود و تا زمانی‌که آزمودنی از ادامهٔ کار به‌علت خستگی بیش‌ازحد اعلام انصراف کند، ادامه می‌یابد (۲۴، ۲۵).

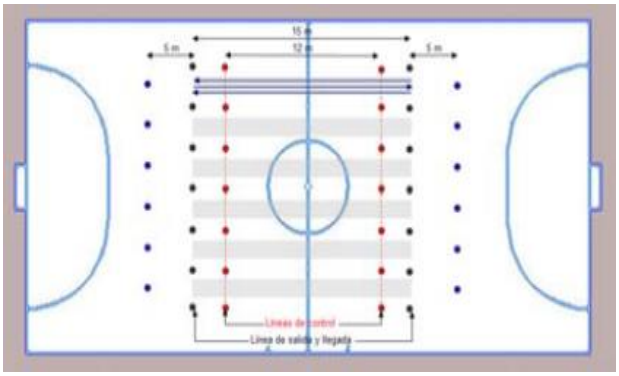


شکل ۱. روش آزمون بروس

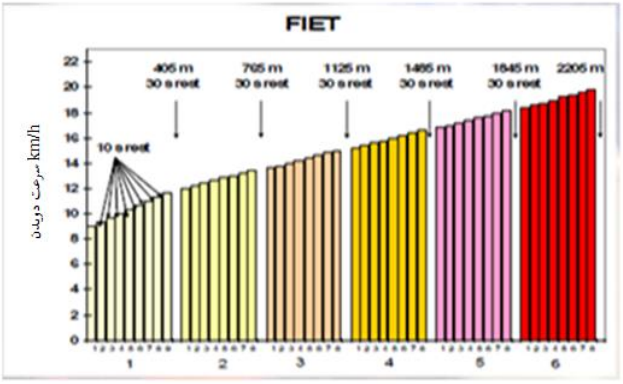
آزمون بازیافت (بازیابی) تناوبی یو-یو سطح۲ (YO-YOIRT2): آزمون YO-YOIRT2 برای سنجش توانایی هوازی و استقامت در فعالیت‌های تناوبی بازیکنان طراحی شده است (۲۶). این آزمون پنج تا نه دقیقه طول می‌کشد. برای اجرای آزمون بین خطوطی که به‌وسیلهٔ دو مخروط به فاصلهٔ ۲۰ متر از یکدیگر روی زمین قرار داده شده و مخروط سوم از خط شروع آزمون به فاصلهٔ پنج متر به آن اضافه می‌شود. در این آزمون پس از طی دو مسیر رفت و برگشت ۲۰ متری (در مجموع ۴۰ متر) توسط بازیکنان به حالت دویدن، ۱۰ ثانیه استراحت گنجانده شده است که در این زمان بازیکن باید به طرف مخروط سوم (۱۰ متر رفت و برگشت) به‌آهستگی راه برود و برگردد و بلافاصله به‌سوی خط شروع برود و دویدن دور بعد را انجام دهد. بازیکنان می‌بایست سرعت دویدن خود را با صدای بوقی که از دستگاه صوتی سالن پخش می‌شد تنظیم کنند. این صدای بوق از CD آزمون YO-YOIRT2 پخش می‌شد.

شکل ۲. YO-YOIRT2

آزمون استقامتی متناوب فوتسال (FIET): آزمون FIET بر مبنای تحلیل مسابقهٔ فوتسال طراحی شده است تا استقامت ویژهٔ بازیکنان فوتسال را بسنجد (۲). نشان داده شده است، با اجرای FIET هر دو مسیر هوازی و بی‌هوازی فعال می‌شوند (۱۳). این آزمون شامل وهله‌های ۴۵ متر دوی رفت و برگشت (۱۵ m × ۳) است؛ به‌طوری‌که سرعت آن فزاینده است و آزمودنی پس از هر ۴۵ متر دویدن، ۱۰ ثانیه استراحت فعال دارد. هر سطح از هشت وهلهٔ ۴۵ متری تشکیل شده است، به‌غیر از مرحلهٔ اول که شامل نه وهلهٔ ۴۵ متری است. آزمودنی پس از اتمام هر وهلهٔ ۴۵ متری ۳۰ ثانیه استراحت غیرفعال دارد. FIETدر سطح اول با سرعت نه کیلومتر بر ساعت شروع شده و به ازای هر وهله دویدن، ۰/۳۳ کیلومتر بر ساعت به سرعت افزوده می‌شود و در سطح‌های دوم تا ششم به ازای هر مرحله دویدن ۰/۲ کیلومتر بر ساعت، سرعت افزایش می‌یابد (۱۴) (شکل ۱). این آزمون نیاز به یک ضبط‌صوت یا دستگاهی مشابه دارد که پیام‌های شروع و تغییر سرعت توسط آن پخش شود.



شکل ۴. نمایش طرح کلی آزمون FIET



شکل ۵. سطوح (سرعت دویدن، تعداد وعده‌ها و زمان)

به‌منظور اطمینان از تلاش بیشینهٔ آزمودنی‌ها و سنجش معیارهای حصول VO_2max، ضربان قلب پایانی آزمون‌ها توسط ضربان‌سنج (پولار، BG750، فنلاند) اندازه‌گیری و MHR آن‌ها ثبت شد. همچنین برای غلظت لاکتات خون آزمودنی‌ها پیش از گرم کردن (حالت استراحتی) و پنج دقیقه (۱۸) پس از هر آزمون از نوک انگشت اشارهٔ دست راست آزمودنی با استفاده از دستگاه لاکتومتر[۹] (p/cosmos، آلمان) اندازه‌گیری شد، به‌نحوی که ابتدا انگشت اشارهٔ دست راست آزمودنی شست‌وشو و خشک می‌شد، آنگاه با پنبهٔ آغشته به الکل، محل خون‌گیری ضدعفونی و در نهایت لاکتات اندازه‌گیری شد (۲۷). برای تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی در هر سه آزمون (بروس، YO-YOIRT2 و FIET) از دستگاه سنجش گازهای تنفسی (METAMAX 3B، آلمان) استفاده شد.

تحلیل آماری: به‌منظور توصیف متغیرهای مورد بررسی از مقادیر میانگین و انحراف معیار استفاده شد. همچنین به‌منظور ارزیابی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون آماری شاپیرو- ویلک و پس از اطمینان از توزیع طبیعی داده‌ها برای ارزیابی رابطه و میزان همبستگی بین متغیرهای آزمون‌ها از ضریب همبستگی پیرسون در سطح معناداری P<۰/۰۵ استفاده شد. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌های حاصل از نرم‌افزار SPSS16 استفاده شد.

نتایج

میانگین و انحراف معیار سن، قد، تودهٔ بدن، درصد چربی و BMI آزمودنی‌ها در جدول ۱ و آزمون شاپیرو- ویلک برای بررسی طبیعی بودن داده‌ها در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱. ویژگی‌ها و ترکیب بدنی آزمودنی‌ها (M ± SD)

متغیر	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	تودهٔ بدن (کیلوگرم)	درصد چربی (٪)	BMI (کیلوگرم بر مترمربع)
۱۵	۲۰/۰۴±۱/۸۵	۱۷۸±۴/۷۳	۶۶/۳۲±۷/۱۳	۱۱/۲۹±۳/۲۴	۲۰/۸۰±۱/۶۲

جدول ۲. داده‌های توصیفی متغیرهای سه آزمون

متغیر	آزمون بروس	YO-YOIRT2	FIET
اکسیژن مصرفی بیشینه ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$)	۴۸/۰۶±۶/۲۱	۴۱/۶۰±۴/۴۵	۴۲/۳۳±۳/۸۳
نسبت تبادل گازهای تنفسی	۱/۴۲±۰/۱۸	۱/۸۵±۰/۳۷	۱/۶۷±۰/۲۸
لاکتات خون (mmol/L)	۱۱/۶۷±۲/۴۴	۱۵/۱۵±۲/۶۳	۱۱/۵۵±۲/۲۵
ضربان قلب بیشینه (ضربه در دقیقه)	۱۹۳±۱۰/۳۷	۱۹۴±۸/۵۵	۱۹۷±۱۱/۳۲
آستانهٔ تهویه (L.min)	۲/۱۹±۰/۲۷	۲/۰۳±۰/۱۸	۱/۹۹±۰/۲۳
تواتر تنفس (تعداد در دقیقه)	۶۲/۴۸±۹/۶۰	۶۶/۳۳±۸/۴۶	۶۴/۸۱±۷/۹۴
حجم تهویه (L.min)	۱۳۵/۰۹±۱۵/۳۲	۱۳۲/۲۱±۱۴/۷۷	۱۲۷/۶۵±۱۵/۵۹
اکسیژن مصرفی ($L.min^{-1}$)	۳/۱۸±۰/۴۹	۲/۶۲±۰/۳۷	۲/۶۸±۰/۴۳
دی‌اکسید کربن تولیدی ($L.min^{-1}$)	۴/۴۶±۰/۵۲	۴/۷۵±۰/۵۹	۴/۳۸±۰/۵۷
معادل سوخت‌وسازی (METS)	۱۳/۷۲±۱/۸۲	۱۱/۳۵±۱/۶۰	۱۱/۵۵±۱/۴۵
معادل تهویهٔ اکسیژن ($L.min^{-1}$)	۴۱/۶۷±۶/۸۵	۴۹/۴۸±۸/۹۱	۴۶/۹۵±۹/۵۶
معادل تهویهٔ دی‌اکسید کربن ($L.min^{-1}$)	۲۹/۲۶±۲/۷۹	۲۶/۸۹±۲/۴۱	۲۸/۱۸±۲/۶۴
مسافت پیموده‌شده (متر)	-------	۴۰۲/۶۷±۷۱/۶۶	۹۹۸±۱۴۵/۳

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر (جدول ۳)، در عوامل VO2max (p=۰/۰۳۴، r=۰/۵۵) و RER بین آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون میدانی YO-YOIRT2 و در عامل سطح لاکتات خون بین آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون میدانی FIET و همچنین در عامل HRmax بین هر سه آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون‌های میدانی Yo-YoIRT2 و FIET بازیکنان نخبهٔ فوتسال مرد همبستگی مثبت و معناداری وجود دارد.

اما، در عامل VO2max بین آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون میدانی FIET (P=۰/۲۱۳، r=۰/۳۴) و بین آزمون‌های میدانی YO-YOIRT2 و FIET (P=۰/۱۱۶، r=۰/۴۲) و در عامل RER بین آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون میدانی FIET و همچنین، در آزمون‌های میدانی YO-YOIRT2 و FIET و در عامل سطح لاکتات بین آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون میدانی Yo-YoIRT2 و بین آزمون‌های میدانی Yo-YoIRT2 و FIET بازیکنان فوتسال نخبهٔ مرد همبستگی مثبت و معناداری وجود ندارد.

جدول ۳. ضرایب همبستگی بین متغیرهای اندازه‌گیری‌شده در سه آزمون BTT ، Yo-Yo IRT2 و FIET (علامت * نشانهٔ معناداری)

متغیر	همبستگی بین آزمون‌ها	آزمون‌ها	r	p	sig
VO_2max	بروس	Yo-Yo IRT2	۰/۵۵	۰/۰۳۴	*
VO_2max	بروس	FIET	۰/۳۴	۰/۲۱۳	
VO_2max	Yo-Yo IRT2	FIET	۰/۴۲	۰/۱۱۶	
RER	بروس	Yo-Yo IRT2	۰/۶۰	۰/۰۱۷	*
RER	بروس	FIET	۰/۲۱	۰/۴۵۳	
RER	Yo-Yo IRT2	FIET	۰/۱۵	۰/۶۰۲	
HRmax	بروس	Yo-Yo IRT2	۰/۸۲	۰/۰۰۱	*
HRmax	بروس	FIET	۰/۹۵	۰/۰۰۱	*
HRmax	Yo-Yo IRT2	FIET	۰/۸۱	۰/۰۰۱	*
لاکتات خون	بروس	Yo-Yo IRT2	۰/۱۴	۰/۶۳۰	
لاکتات خون	بروس	FIET	۰/۶۱	۰/۰۱۷	*
لاکتات خون	Yo-Yo IRT2	FIET	۰/۲۹	۰/۲۸۱	

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در عامل VO_2max تنها بین آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون میدانی YO-YOIRT2 همبستگی مثبت و معناداری وجود دارد. اما بین آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون میدانی FIET و همچنین بین آزمون‌های میدانی YO-YOIRT2 و FIET همبستگی مثبت و معنادار وجود ندارد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، بین VO_2max در آزمون‌های بروس و YO-YOIRT2 همبستگی متوسط، مثبت و معناداری وجود داشت.

بنابراین، یافته‌های پژوهش حاضر همراستا با پژوهش‌های کاراکوچ و همکاران (۲۰۱۲) است که پژوهشی را با هدف تعیین همبستگی بین عملکرد سه آزمون Yo-YoIRT1,2 و آزمون استقامتی یویو[۱۰] (YET) با VO_2max آزمون نوار گردان[۱۱] (TRT) در بازیکنان جوان فوتبال انجام دادند و نتیجه گرفتند که همبستگی متوسطی بین VO_2max و عملکرد آزمون‌های Yo-YoIRT1, 2 و همبستگی ضعیفی بین VO_2max و عملکرد آزمون YET وجود دارد (۲۲).

همچنین، نتایج پژوهش حاضر همسو با مطالعه کاراکوچ و همکاران همبستگی بین آزمون بروس و YOIRT2 را نشان داد. عالم دارغلو و همکاران (۲۰۱۲) ظرفیت هوازی فوتبالیست‌ها در آزمون‌های آزمایشگاهی و میدانی را بررسی کردند که همبستگی قوی بین VO_2max آزمون‌های آزمایشگاهی بروس و میدانی Yo-YoIRT1 و MST وجود داشت (۲۱).

برخلاف نتایج پژوهش حاضر، باربرو- آلوارز و همکاران (۲۰۱۵) آمادگی هوازی و عملکردی بازیکنان نخبهٔ زن فوتسال در آزمون‌های آزمایشگاهی فزایندهٔ بیشینهٔ نوار گردان و میدانی FIET را بررسی کردند که همبستگی قوی در VO_2max بین آزمون‌های آزمایشگاهی فزایندهٔ نوار گردان و میدانیFIET گزارش کردند (۲۸). کاستگنا و همکاران (۲۰۱۰) تقاضای فیزیولوژیکی آزمون تناوبی فوتسال با شدت بالا را بررسی کردند و نشان دادند بین VO_2max بازیکنان فوتسال در آزمون بیشینهٔ نوار گردان و آزمون میدانی FLET همبستگی معناداری وجود دارد (۱۳). همچنین جهاندیده و همکاران (۱۳۹۲) همبستگی بین آزمون جدید FIET با آمادگی

هوازی و توانایی تکرارهای سرعتی در فوتسالیست‌های جوان را بررسی کردند که بین آزمون FIET و VO_2max همبستگی معناداری وجود دارد (۱۰) که با پژوهش حاضر همخوانی نداشت.

افزون بر این، در پژوهش‌های انجام‌گرفته در داخل وجود همبستگی بین برخی آزمون‌های میدانی و آزمایشگاهی گزارش شده است. نظرعلی و همکاران (۲۰۱۳) همبستگی بین آزمون‌های آزمایشگاهی، Yo-YoIRT2 و هاف در تعیین توان هوازی بازیکنان تیم ملی فوتبال زنان را بررسی کردند که VO_2max در آزمون هاف (۴۲/۶) میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه و آزمون آزمایشگاهی (۴۳/۶) میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه مشابه بود و همبستگی معناداری بین یافته‌های دو آزمون وجود داشت (۲۹). اکبری و همکاران (۱۳۹۲) در تعیین روایی و پایایی آزمون Yo-YoIRT2 در برآورد VO_2max بازیکنان فوتسال زن نخبه را ارزیابی کردند و نشان دادند همبستگی قوی و بالایی بین VO_2max برآوردشده در آزمون‌های نوار گردان و Yo-YoIRT2 در تجزیهٔ گازهای تنفسی وجود دارد که بیانگر روایی بالای آزمون Yo-YoIRT2 در برآورد VO_2max است (۴) که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. این پژوهشگران، علت معناداری همبستگی بین آزمون‌ها را فشار فیزیولوژیکی و درگیری احتمالی دستگاه‌های انرژی مشابه در آزمون‌ها بیان کردند. بلوسا و همکاران (۲۰۱۳) همبستگی بین ظرفیت‌های هوازی و عملکرد Yo-YoIRT1 در بازیکنان تیم ملی فوتسال برزیل را سنجیدند. همبستگی معناداری بین VO_2max و نوار گردان و Yo-YoIRT1 وجود نداشت که عدم ارتباط را به‌دلیل اختلاف در روش دویدن و فشار فیزیولوژیکی متفاوت بین دو آزمون گزارش کردند (۲).

با توجه به نتایج تحقیقات پیشین که از آزمون‌های متفاوتی برای سنجش VO_2max استفاده شده است، می‌توان دلایل احتمالی را برای بود و نبود همبستگی بیان کرد. دلیل دیگر نبود همبستگی بین آزمون‌ها، شاید سطح آمادگی هوازی و رقابتی است که آزمودنی‌ها با آن درگیرند که می‌تواند بر نتایج تأثیر داشته باشد و بدون شک تحلیل داده‌ها را سخت می‌کند. زمان استراحت متناوب غیرفعال و بازیافت که در آزمون FIET وجود دارد، می‌تواند از دلایل نبود همبستگی بین آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون میدانی FIET باشد، زیرا این استراحت‌های ۱۰ ثانیه‌ای و مهم موجب کاهش فشار فیزیولوژیکی و بازیافت بیشتر در آزمودنی‌ها شده است. بنابراین، وجود همبستگی بین VO_2max اندازه‌گیری‌شده بین آزمون آزمایشگاهی بروس و YO-YOIRT2 نشان‌دهندهٔ روایی و اعتبار آزمون YO-YOIRT2 در برآورد VO_2max بازیکنان فوتسال مرد نخبه است. به بیان دیگر، این آزمون به‌عنوان یک آزمون میدانی ساده و کم‌هزینه، توانایی بالایی در برآورد VO_2max بازیکنان فوتسال دارد، شاید جایگزین مناسبی برای آزمون آزمایشگاهی بروس باشد. در مورد FIET، پژوهش‌های بیشتر در آینده می‌توانند پاسخ‌های شفاف‌تری ارائه دهند.

نتایج آماری آزمون نشان داد که بین عامل RER در آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون میدانی Yo-YoIRT2 بازیکنان فوتسال نخبهٔ مرد همبستگی مثبت و معناداری وجود دارد، اما بین آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون میدانی FIET و همچنین بین آزمون‌های میدانی YO-YOIRT2 و FIET همبستگی معناداری وجود ندارد. پژوهش لیم و همکاران (۲۰۱۶) همبستگی اندک تا متوسطی را در RER بین دو آزمون GXT و SPV گزارش کرد (۳۰)، کاستگنا و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی همبستگی معناداری را در RER بین آزمون بیشینهٔ نوار گردان و آزمون میدانی FLET در بازیکنان فوتسال گزارش کردند (۳۱). همچنین عالم دارغلو و همکاران (۲۰۱۲) در آزمون‌های آزمایشگاهی بروس و میدانی Yo-YoIRT1و MST همبستگی معناداری را در RER گزارش کردند (۲۸). جهاندیده و همکاران (۱۳۹۲) همبستگی معناداری را بین RER و آزمون FIET گزارش

کردند (۱۰). تحقیقات پیشین و یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که فشار فیزیولوژیکی بر دستگاه قلبی-تنفسی به‌ویژه در دو آزمون بروس و YO-YOIRT2اعمال شده است؛ بنابراین، این یافته‌ها و یافته‌های مربوط به VO_2max نشان می‌دهد که YO-YOIRT2، برخلاف FIET، می‌تواند جایگزین مناسب میدانی برای بروس در سنجش VO_2max در بازیکنان نخبهٔ فوتسال باشد. با این همه، پژوهش‌های آتی و بررسی سازوکارهای احتمالی در آزمون‌های متفاوت می‌تواند در این زمینه کمک‌کننده باشد؛ چراکه تحقیقات پیشین اغلب به دلایل وجود همبستگی بین آزمون‌ها اشاره‌ای نکرده‌اند و تنها از لحاظ آماری وجود همبستگی بین آزمون‌ها بیان شده است.

نتایج نشان داد که در عامل سطح لاکتات خون بین آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون میدانی FIET بازیکنان نخبهٔ فوتسال مرد همبستگی مثبت و معناداری وجود دارد. اما بین آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون میدانی Yo-YoIRT2 و همچنین آزمون‌های میدانی Yo-YoIRT2 و FIET بازیکنان فوتسال نخبهٔ مرد همبستگی وجود ندارد. به‌نظر می‌رسد متغیر لاکتات برای نشان دادن فشار فیزیولوژیکی به‌ویژه در رشتهٔ فوتسال مناسب باشد. در حقیقت، اندازه‌گیری لاکتات خون هنگام فعالیت و تمرین اطلاعاتی را در مورد شدت، بار و مدت تمرین فراهم می‌کند. هنگام فعالیت زیر بیشینه، زمانی‌که ذخایر انرژی در حضور اکسیژن در دسترس استفاده می‌شود، لاکتات تشکیل نمی‌شود (۱۸).

فعالیت‌های بیشینهٔ هوازی در آزمون‌های میدانی و آزمایشگاهی و به‌دلیل فعالیت دستگاه گلیکولیزی (۱۸) که با افزایش رهاسازی انرژی از منابع بی‌هوازی همراه است، غلظت لاکتات خون افزایش می‌یابد؛ این مسئله اغلب درگیری مسیرهای انرژی بی‌هوازی را افزایش می‌دهد (۳۱، ۳۲). از طرفی، نشان داده شده است که در دسترس بودن اکسیژن تنها عامل تعیین‌کنندهٔ لاکتات تولیدی در حین فعالیت‌های ورزشی به‌شمار نمی‌رود، بلکه میزان تولید لاکتات هنگام فعالیت ورزشی مانند فعالیت‌های فوتسال نشان‌دهندهٔ سهم دستگاه بی‌هوازی است. بنابراین در دسترس بودن اکسیژن نقش شایان توجهی در تنظیم لاکتات هنگام فعالیت دارد (۳۳، ۳۵).

با توجه به وجود همبستگی بین لاکتات خون در آزمون‌های آزمایشگاهی بروس و میدانی FIET در بازیکنان فوتسال، این امر ممکن است به‌دلیل وجود شدت و فشار فیزیولوژیکی و سهم مسیرهای تولید انرژی مشابه در هر دو آزمون باشد، زیرا لیم و همکاران (۲۰۱۶) نیز همبستگی اندک تا متوسط را در لاکتات خون بین دو آزمون GXT و SPV گزارش کردند (۳۰). باربرو-آلوارز و همکاران (۲۰۱۵) نیز بین آزمون‌های آزمایشگاهی فزایندهٔ بیشینهٔ نوار گردان و میدانی FIET در لاکتات خون بازیکنان نخبهٔ زن فوتسال همبستگی معناداری را گزارش کردند (۲۸). کاستگنا و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که همبستگی معناداری در لاکتات خون بین دو آزمون وجود دارد (۳۱)، همچنین نظرعلی و همکاران (۲۰۱۳) در لاکتات خون بین آزمون آزمایشگاهی تردمیل و آزمون هاف (۲۹) همبستگی معناداری را گزارش کردند که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی داشت.

به‌طور کلی، می‌توان گفت FIET زمانی‌که میزان لاکتات خون در برآورد شدت فعالیت بازیکنان فوتسال از عوامل مهم و شایان توجهی هستند، شاید آزمون معتبر و مناسبی برای جایگزینی آزمون بروس در تعیین توان هوازی بازیکنان فوتسال باشد. با این همه، انجام پژوهش‌های آتی می‌تواند در این زمینه کمک‌کننده باشد. نتایج آماری آزمون ضریب همبستگی پیرسون نشان داد که بین عامل HRmax آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون‌های میدانی Yo-YoIRT2 و FIET بازیکنان فوتسال نخبهٔ مرد همبستگی مثبت و معناداری وجود دارد. ضربان قلب در تمامی فعالیت‌های بدنی فزاینده،

به‌صورت تدریجی تا مقادیر بیشینه افزایش می‌یابد که بازتابی از افزایش اکسیژن مصرفی است (۳۵). واکنش ضربان قلب به سنگینی تمرین، بیانگر اضافه بار است که به‌طور اعم بر بدن و به‌طور اخص بر قلب و عروق اعمال می‌شود (۸). از آنجا که افزایش شدت فعالیت و رقابت با افزایش اکسیژن مصرفی مرتبط است و در نتیجه موجب افزایش ضربان قلب می‌شود، دلیل این تشابه در ضربان قلب ممکن است به یکسان بودن شدت (۳۶، ۳۷) در آزمون‌ها مربوط باشد. پژوهش‌های پیشین (۲، ۲۱، ۲۸، ۳۰) در تعیین همبستگی بین آزمون‌های میدانی و آزمایشگاهی وجود همبستگی بین این آزمون‌ها را در HRmax گزارش کردند. هرچند می‌توان به HRmax به‌عنوان یک نشانگر در وجود همبستگی بین دو آزمون توجه کرد، به‌ویژه زمانی‌که HRmax در برآورد شدت فعالیت بازیکنان فوتسال عامل مهم و شایان توجهی باشد؛ اما سایر داده‌ها نشان می‌دهد اظهارنظر دربارۀ وجود همبستگی بین آزمون‌های میدانی YO-YOIRT2 و FIET و حتی YO-YOIRT2 که در سایر نشانگرها همبستگی واضح‌تری نشان داد، تا حدودی مشکل است و به تحقیقات بیشتر و دقیق‌تری نیاز دارد.

با توجه به پراکندگی نتایج همبستگی بین عوامل VO2max، RER و HRmax در آزمون آزمایشگاهی بروس، YO-YOIRT2 وFIET می‌توان گفت آزمون YO-YOIRT2 در برآورد توان هوازی بازیکنان نخبۀ فوتسال مرد آزمونی معتبر و قابل استناد است. همچنین با وجود همبستگی بین HRmax و لاکتات خون در آزمون‌های بروس و FIET می‌توان بیان کرد که فشار فیزیولوژیکی که این دو آزمون بر دستگاه‌های مختلف بدن اعمال می‌کنند، مشابه است و FIET زمانی‌که HRmax و یا میزان لاکتات خون در برآورد شدت فعالیت بازیکنان فوتسال عوامل مهم و شایان توجهی باشند، می‌تواند آزمونی معتبر و مناسبی باشد. بنابراین اظهارنظر کلی به‌راحتی امکان‌پذیر نیست و ضروری است پژوهش‌های آتی در شرایط متفاوت‌تر با و در نظر گرفتن متغیرهای بیشتری انجام شوند.

تشکر و قدردانی

از همۀ عزیزانی که ما را در اجرای این پژوهش یاری کردند،کمال تشکر و سپاسگزاری را داریم.

حمایت مالی

این پژوهش بدون هیچ‌گونه حمایت مالی سازمان یا مؤسسه‌ای انجام شده است.

مشارکت نویسندگان

همۀ نویسندگان به‌طور مساوی در طراحی، اجرا، تحلیل داده‌ها و نوشتن مقاله مشارکت داشتند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

پی‌نوشت‌ها

[1] Maximum oxygen consumption
[2] YO-YO Endurance
[3] Barbero-Alvares
[4] Futsal Intermittent Endurance Test
[5] Bruce Treadmill Test
[6] Respiratory exchange ratio
[7] End Heart rate
[8] Lactate blood
[9] Lactate squat
[10] YO-YO Endurance Test
[11] Treadmill test

منابع

1. Berdejo-del-Fresno D, Moore R, Laupheimer MW. VO 2 max Changes in English Futsal Players after a 6-Week Period of Specific Small-Sided Games Training. American Journal of Sports Science and Medicine. 2015 Jan 23;3(2):28-34. doi: 10.12691/ajssm-3-2-1

2. Boullosa D A, Tonello L, Ramos I, de Oliveira Silva A, Simoes H G, & Nakamura F Y. Relationship between aerobic capacity and Yo-Yo IR1 performance in Brazilian professional futsal players. Asian journal of sports medicine. (2013); 4(3), 230-234. PMCID: PMC3880668 PMID: 24427483

3. de Barros Souza F, Ferreira RC, de Almeida Fagundes A, Kawaguchi LY, Ribeiro W, Lazo-Osório RA. Analysis of anaerobic performance between futsal and handball through the Wingate test. Advances in Physical Education. 2014 Feb 13;4(01):25. DOI: 10.4236/ape.2014.41004

4. Agha Alinejad, H. Periodization Strength Training for Soccer. Tehran: Donyaye Harekat Publications.2003. [In Persian].

5.Parnow A, Gharakhanlou R, Aghaalinejad H. Surveying body composition profile of elite foutsal players of Iran physiologically and anthropometrically. Olympic Quarterly, 13th Year. 2005 Page 30:49-58. [In Persian].

6. Naderi Sh, Rajabi H, Norouzian M. Designingof special test for determining aerobic capability of woman futsal players. Olympic Quarterly, 21th Year. 2013 No 1; page: 91-100. [In Persian].

7. Alvarez JC, D'ottavio S, Vera JG, Castagna C. Aerobic fitness in futsal players of different competitive level. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2009 Oct 1;23(7):2163-6. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181b7f8ad

8. Castagna C, Manzi V, D'ottavio S, Annino G, Padua E, Bishop D. Relation between maximal aerobic power and the ability to repeat sprints in young basketball players. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2007 Nov 1;21(4):1172-6. doi: 10.1519/R-20376.1.

9. Kearney JT, Rundell KW, Wilber RL. Measurement of work and power in sport. Exercise and sport science. 2000:31-52.

10. Larsen GE, George JD, Alexander JL, Fellingham GW, Aldana SG, Parcell AC. Prediction of maximum oxygen consumption from walking, jogging, or running. Research Quarterly for Exercise and Sport. 2002 Mar 1;73(1):66-72. Doi:10.1080/02701367

11. Castagna C, Impellizzeri F, Cecchini E, Rampinini E, Alvarez JC. Effects of intermittent-endurance fitness on match performance in young male soccer players. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2009 Oct 1;23(7):1954-9. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181b7f743

12. Krustrup P, Mohr M, Amstrup T, Rysgaard T, Johansen J, Steensberg A, Pedersen PK, Bangsbo J. The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. Medicine and science in sports and exercise. 2003 Apr 1;35(4):697-705.

DOI: 10.1249/01.MSS.0000058441.94520.32

13. Castagna C, Alvarez JC. Physiological demands of an intermittent futsal-oriented high-intensity test. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2010 Sep 1;24(9):2322-2329. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181e347b9

13. Castagna C, Alvarez B, Carlos J. Physiological demands of an intermittent futsal-oriented high-intensity test. The Journal of Strength & Conditioning Research. (2010); 24(9), 2322-2329. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181e347b9

14. Barbero Alvaréz JC, Andrín G, Méndez-Villanueva A. Futsal-specific endurance assessment of competitive players. J Sports Sci. 2005;23(11-12):1279-81.

15. Rampinini E, Bishop D, Marcora SM, Bravo DF, Sassi R, Impellizzeri FM. Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. International journal of sports medicine. 2007 Mar;28(03):228-35. DOI: 10.1055/s-2006-924340

16. Thomas JR, Nelson JK, Silverman SJ.Research Methods in Physical Activity. 5th edition. Human Kinetics. 2005.

17. Hoff J, Wisløff U, Engen LC, Kemi OJ, Helgerud J. Soccer specific aerobic endurance training. British journal of sports medicine. 2002 Jun 1;36(3):218-21. doi:10.1136/bjsm.36.3.218

18. Goodwin ML, Harris JE, Hernández A, Gladden LB. Blood lactate measurements and analysis during exercise: a guide for clinicians. Journal of diabetes science and technology. 2007 Jul;1(4):558-69. doi:10.1177/193229680700100414

19. Gharakhanlou R, Aghaalinejad H, Rastegar M, Khazeni A. Checking the correlation between RAST field test and 300 yards Shuttle Run Test with wingate test in measuring anaerobic capability of futsal players. Olympic Quarterly, 16th Year. 2008 No 4(44): 99-108. Available from: https://sid.ir/paper/37724/en. [In Persian].

20. Shojaee A, Gaeeni Ab. Physiological comparison and performance of Bruce and Balk tests in elite Karate cgampions. Motion science and sport. 2010; 8(15):1-12. https://www.magiran.com/p976221. [In Persian].

21. Alemdaroğlu U, Dündar U, Köklü Y, & Aşci A. Evaluation of aerobic capacity in soccer players: comparison of field and laboratory test. Biologi of Sports. DOI:10.5604/20831862.990468. 2012; 29, 157-161.

22. Karakoç B, Akalan C, Alemdaroğlu U, Arslan E. The relationship between the yo-yo tests, anaerobic performance and aerobic performance in young soccer players. Journal of human kinetics. 2012 Dec 1;35(1):81-8. doi: 10.2478/v10078-012-0081-x.

23. Jones RM, Cook CC, Kilduff LP, Milanović Z, James N, Sporiš G, Fiorentini B, Fiorentini F, Turner A, Vučković G. Relationship between repeated sprint ability and aerobic capacity in professional soccer Players. The Scientific World Journal. 2013 Oct 1;2013. doi:10.1155/2013/952350.

24. Nieman DC. Exercise testing and prescription: a health related approach. McGraw-Hill Companies; 2011. 7th ed.

25. Halil T, Nurtekin E, Serdar B, Turgut K, Ahmet S, Dede B. Effects of fatigue on the balance performance as measured by balance error scorring system in volleyball players. Ovidius University Annals, Series Physical Education and Sport/Science, Movement and Health. 2009 Jun 1;9(2):128-35.

26. Reilly T, Bangsbo J, & Franks, A. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. Journal of sports sciences. (2000); 18(9), 669-683. doi.org/10.1080/02640410050120050

27. Alizadeh,R, Hovanloo F, Ahmadizad S, Moeini M. The Relationship between aerobic capacity and speed repetition ability in young footballers with different VO2max levels. Physical Education and Sport Sciences Research Institute. (2009); No. 26, PP.159-172. [In Persian].

28. Barbero-Alvarez J C, Subiela J V, Granda-Vera J, Castagna C, Gómez M, & Del Coso J. Aerobic fitness and performance in elite female futsal players. Biol Sport. (2015); 32(4), 339-344. doi: 10.5604/20831862.1189200

29. Nazarali P, Rajabi H, & Aliabadi F. The Relationship between Laboratory, Yoyo, and Hoff Tests in Determining Aerobic Capacity of Players of the National Women's Soccer Team. Annals of Applied Sport Science. (2013); 1(3), 57-66. E-mail: parvanehnazarali@yahoo.com [In Persian].

30. Lim W, Lambrick D, Mauger L, Woolley B, & Faulkner J. The effect of trial familiarisation on the validity and reproducibility of a field-based self-paced VO2MAX Test. Biology of Sport. (2016);1-21. DOI: 10.5604/20831862.1208478

31. Midgley AW, Mc Naughton LR. Time at or near VO2max during continuous and intermittent running. A review with special reference to considerations for the optimisation of training protocols to elicit the longest time at or near VO2max. J Sports Med Phys Fitness. 2006 Mar;46(1):1-14. PMID: 16596093.

32. Sperlich B, Zinner C, Heilemann I, Kjendlie P L, Holmberg H C, & Mester J. High-intensity interval training improves VO2peak, maximal lactate accumulation, time trial and competition performance in 9–11-year-old swimmers. European journal of applied physiology. (2010); 110(5), 1029-1036. DOI: 10.1007/s00421-010-1586-4

33. Katz A, & Sahlin K. Role of oxygen in regulation of glycolysis and lactate production in human skeletal muscle. Exercise and sport sciences reviews. 1990;18:1-28. PMID: 2192890.

34. Allen D G, Lamb G D, & Westerblad H. Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. Physiological reviews. (2008); 88(1), 287-332. DOI: 10.1152/physrev.00015.2007

35. Bangsbo J, Iaia F M, & Krustrup P. The Yo-Yo intermittent recovery test. Sports medicine. (2008); 38(1), 37-51. DOI: 10.2165/00007256-200838010-00004

36. Krustrup P, Bangsbo J. "Physiological Demands of Top-Class Soccer Refereeing in Relation to Physical Capacity: Effect of Intense Intermittent Exercise Training". J Sports Sci. (2001); 19 (11): PP:881-91. doi: 10.1080/026404101753113831

37. Helsen W, Bultybck J B. Physical and Perceptual-Cognitive Demands of Top-Class Refereeing in Association Football . J. Sports Sci. (2004); 22: PP:179-89. doi:10.1080/02640410310001641502.