

Original Article

Bijan Khodayari^{1*}, Abdolhossein Parnow², Worya Tahmasebi³ Karim Firouzabakt⁴

1.4. MSc of Applied Exercise Physiology, Sport Sciences Faculty, Razi University, Kermanshah, Iran.

2. Associate Professor at Exercise Physiology, Sport Sciences Faculty, Razi University, Kermanshah, Iran

3. Assistant Professor at Exercise Physiology, Sport Sciences Faculty, Razi University, Kermanshah, Iran

Abstract

Introduction: Futsal is an, high-intensity intermittent sport, with energy supplied by 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 VO₂max in futsal players. Futsal players must have high aerobic fitness, and evaluating aerobic fitness indicators and their evaluation methods requires understanding field tests related to this sport. On the other hand, strengthening various physical aspects of futsal players requires accurate and specific evaluation of the game of futsal, and 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 Field Tests (YO-YOIRT2 & FIET) in determining aerobic power in elite futsal players.

Methodology: Fifteen elite futsal players (age: 20.4±1.85 yrs.; height: 1.78±4.37 m, body mass: 66.33±7.13 kg, and BMI: 20.80±1.62 kg/m²) participated in this study. After familiarization with the study procedure, the main tests were performed on three different sessions, interspersed with one week interval. Within these three sessions, the participants randomly performed the Bruce laboratory test on treadmill, the YO-YOIRT2 test, and the FIET test for collecting VO₂max, RER, blood lactate, and Maximal Heart Rate (MHR) via BLT and FIET, gas analysis, Lactometer, and Heart rate monitoring (Polar system), respectively. Pearson correlation coefficient was used to relationship between the variables.

Results: Data analysis showed a significant positive correlation between the factors of VO₂max (P=0.034, r=0.54), RER (P=0.017, r=0.60) in the Bruce and YO-YOIRT2 tests, and blood lactate (P=0.017, r=0.60) in the Bruce and FIET tests. Additionally, there is a significant positive correlation between the maximum heart rate factor tests Bruce and YO-YOIRT2 (p=0.001, r=0.82), Bruce and FIET (p = 0.001, r =0.95), and Yo-YoIRT2 and FIET (p=0.001, r=0.81). However, there was no significant correlation between the VO₂max and RER factors in the Bruce and FIET tests, and between the VO₂max and RER factors in the YO-YOIRT2 and FIET tests. Additionally, there was no significant correlation between blood lactate in the Bruce and YO-YOIRT2 tests, and between the YO-YOIRT2 and FIET tests.

Conclusion: Based on the results of this study, it can be stated that the YO-YOIRT2 test is a valid and reliable test for assessing the aerobic capacity of elite male futsal players. Moreover, according to the between blood lactate levels in the Bruce test and FIET, as well as the HRmax factor across all three laboratory tests (Bruce test) and field tests (Yo-Yo IRT2 and FIET) in elite male futsal players, it can be stated that the physiological stress imposed by these tests on different body systems is similar.

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

How to cite this article: Khodayari B, Parnow A, Tahmasebi W, Firouzabakt K. Investigating the Relationship between Laboratory and Field Tests YO-YOIRT2 and FIET in Determining Aerobic Power Elite Futsal Players. 2025;?():?-?.

*Corresponding Author's E-mail: b.khodayari84@gmail.com

10.48308/JOEPPA.2025.237820.1318

Received: ??/??/????

Revised: ??/??/????

Accepted: ??/??/????

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/>).

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

بیژن خدایاری^{۱*}، عبدالحسین پرنو^۲، وریا طهماسبی^۳، کریم فیروز بخت^۴

۱. کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی کاربردی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

۲. دانشیار دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

۳. استادیار، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

چکیده

مقدمه: 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 شاخص‌های 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 شاخص‌های آمادگی هوازی و روش‌های ارزیابی آن‌ها نیازمند شناخت آزمون‌های میدانی مرتبط با این رشته ورزشی است. از طرفی تقویت جنبه‌های مختلف بدنی بازیکنان فوتسال نیازمند ارزیابی دقیق و ویژه بازی فوتسال است و ارزیابی دقیق نیازمند ابزار دقیق و مختص به این رشته ورزشی است؛ بنابراین، هدف از پژوهش حاضر تعیین ارتباط بین آزمون‌های آزمایشگاهی بروس و میدانی (YO-YOIRT2 و FIET) در توان هوازی فوتسالیست‌های نخبه بود.

روش شناسی: تعداد ۱۵ نفر بازیکن نخبه با میانگین سن $20/04 \pm 1/85$ سال؛ قد $178/37 \pm 4/73$ سانتی‌متر؛ توده بدن $66/33 \pm 7/13$ کیلوگرم؛ درصد چربی $11/29 \pm 3/24$ ؛ و BMI، $20/80 \pm 1/62$ در پژوهش حاضر شرکت کردند. پس از آشنایی با اجرای آزمون‌ها، شرکت کنندگان به سه گروه تقسیم شدند و در سه جلسه جداگانه و به فاصله یک هفته به طور متناوب آزمون‌ها را اجرا کردند. آزمون بروس با استفاده از نوارگردان و آزمون‌های YO-YOIRT2 و FIET در سالن انجام شد. VO_{2max} از طریق ارزیابی سه آزمون بروس، YO-YOIRT2 و FIET، با دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی، همچنین ضربان قلب بیشینه بوسیله ضربان سنج پولار و لاکتات خون با لاکتومتر اندازه‌گیری شدند. برای ارتباط سنجی بین داده‌های سه آزمون، از آزمون آماری ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. سطح معناداری تحلیل آماری $p < 0/05$ در نظر گرفته شد.

نتایج: بین فاکتورهای VO_{2max} ($r=0/54$ ، $P=0/034$)، RER ($r=0/60$ ، $P=0/017$) در آزمون‌های بروس و YO-YOIRT2 و لاکتات خون ($r=0/60$ ، $p=0/017$) در آزمون‌های بروس و FIET، همچنین، در فاکتور ضربان قلب بیشینه بین آزمون‌های بروس و YO-YOIRT2 ($r=0/82$ ، $p=0/001$)، آزمون‌های بروس و FIET ($r=0/95$ ، $p=0/001$) و آزمون‌های YO-YOIRT2 و FIET ($r=0/81$ ، $p=0/001$) ارتباط مثبت و معنادار وجود دارد؛ اما، بین فاکتورهای VO_{2max} 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 هیچ ارتباط معناداری وجود نداشت. **نتیجه‌گیری:** بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان بیان کرد آزمون YO-YOIRT2 در برآورد توان هوازی بازیکنان نخبه فوتسال مرد آزمونی معتبر و قابل استناد است. با توجه به وجود ارتباط بین لاکتات خون در آزمون‌های بروس و FIET، همچنین در فاکتور HR_{max} بین هر سه آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون‌های میدانی YO-YOIRT2 و FIET بازیکنان نخبه فوتسال مرد می‌توان بیان کرد که فشار فیزیولوژیکی این آزمون‌های بر دستگاه‌های مختلف بدن اعمال می‌کنند، مشابه است.

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

نحوه استتند به این مقاله: خدایاری ب، پرنو ع، طهماسبی و، فیروزبخت ک. بررسی ارتباط بین آزمون‌های آزمایشگاهی بروس و میدانی YO-YOIRT2 و FIET در برآورد توان هوازی فوتسال‌یست‌های نخبه. نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. ۴۰؛ ۱۴۰۴؛ ۹۹-۹۰.

*رایانامه نویسنده مسئول: b.khodayari84@gmail.com

دریافت تاریخ: ۹۹/۹۹/۹۹

پذیرش تاریخ: ۹۹/۹۹/۹۹

ویرایش تاریخ: ۹۹/۹۹/۹۹

مقدمه

فوتسال رشته 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 دوره‌ی زمانی طولانی همراه با یک 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 حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2max}) هستند (۵،۴). در بازی فوتسال فعالیت‌های مکرری با شدت بالایی وجود دارد که جهت تأمین انرژی مورد نیاز فرصت استفاده از اکسیژن کمتر است و به ناچار بدن به روش‌های بی‌هوازی متکی است. بنابراین، اگر این فعالیت‌های شدید بیش از بازه زمانی ۱۰ ثانیه باشند یا حتی زمان‌های کمتر از ۱۰ ثانیه ولی مکرراً انجام شوند؛ سیستم بی‌هوازی با تولید لاکتات را درگیر خواهند کرد (۳). این واقعیت موجود در بازی فوتسال، ارزیابی و شناخت از موقعیت شاخص‌های فیزیولوژیکی مانند لاکتات، ضربان قلب، نسبت تبادل تنفسی و VO_{2max} را در بازیکنان فوتسال مهم می‌کند؛ از آن جایی که، ضروری است بازیکنان فوتسال آمادگی هوازی بالایی داشته باشند تا خستگی به تأخیر بیفتد (۵،۶) و نشان داده شده است داشتن توان هوازی بالا در بازیکنان فوتسال حداقل ۵۵ میلی‌لیتر در دقیقه به ازای هر کیلوگرم وزن بدن ضروری است (۷،۸)، ارزیابی این شاخص‌ها، روش‌های ارزیابی آن‌ها و شناخت آزمون‌های میدانی مرتبط با این رشته ورزشی ضروری است و الگوی تمرین دادن جنبه‌های مختلف بدنی بازیکنان فوتسال نیازمند ارزیابی دقیق و ویژه بازی فوتسال و ارزیابی دقیق نیز نیازمند ابزار دقیق و ویژه مشابه فعالیت‌های مختلف این رشته ورزشی است. در بسیاری از رشته‌های مختلف ورزشی به خصوص فوتسال که توان هوازی در آن اهمیت دارد، پژوهشگران پیوسته در جستجوی بهبود روش‌های ارزیابی عملکرد هوازی ورزشکاران هستند. در این راستا، استفاده از ابزار و وسایل مناسب سنجش، یکی از مراحل عمده برنامه‌ریزی درست تمرینات ورزشی و بهبود عملکرد رقابتی ورزشکاران است (۹). روش‌های آزمایشگاهی، عملکرد استقامتی و به ویژه توان هوازی ورزشکاران را دقیق‌تر اندازه‌گیری می‌کنند، با وجود این، سنجش توان هوازی در محیط آزمایشگاهی محدودیت‌هایی دارد که پژوهشگران را به سوی طراحی آزمون‌های میدانی سوق می‌دهد (۶). نداشتن اصل ویژگی، زمان‌بر بودن و سختی اجرای آزمون و حتی هزینه‌های زیاد از جمله 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 کم هزینه بودن (۱۱،۱۲) ارزیابی ورزشکاران در سطوح مختلف را امکان‌پذیر کرده است؛ با این وجود، بازیکنان رشته فوتسال از جمله ورزشکارانی هستند که کمتر مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند و یا برای ارزیابی آن‌ها از آزمون‌های روتین و غیر ویژه استفاده شده است (۱۳،۷). روایی و پایایی آزمون‌ها به ویژه آزمون‌های میدانی نیز اهمیت ویژه‌ای دارد و همواره تلاش می‌شود آزمون‌هایی ابداع شوند که علاوه بر جنبه علمی و کاربردی آن، روایی و پایایی لازم را نیز داشته باشند (۱۴). به همین دلیل، برای ارزیابی سیستم‌های انرژی هوازی و بی‌هوازی در ورزش‌های تیمی، از آزمون‌های میدانی با فرض برخورداری از روایی صوری (۱۵) و ارتباط مستقیم با مهارت‌ها یا ویژگی‌های فیزیولوژیک ورزش مورد نظر، طراحی شده‌اند (۱۶). در این راستا، هاف و همکاران در سال (۲۰۰۲) آزمون میدانی ویژه‌ای جهت ارزیابی VO_{2max} بازیکنان فوتبال طراحی کردند (۱۷). یکی دیگر از آزمون‌های میدانی که در فوتبال شناخته شده است و در پژوهش‌های زیادی بررسی شده است مجموعه آزمون‌های استقامتی یو-یو-آمی باشد (۱۱،۱۲،۱۸). برخلاف فوتبال که ظاهراً شباهت زیادی با فوتسال دارد و مطالعات زیادی در زمینه‌های مختلف از جمله ارزیابی بازیکنان فوتبال انجام

! Maximum oxygen consumption

? YO-YO Endurance

شده است (۱۲،۱۱،۲)؛ مطالعات انجام شده در جنبه‌های مختلف و به‌ویژه ارزیابی بازیکنان فوتسال غنی نمی‌باشد. با این وجود، در دهه‌های اخیر باربرو-آلوارز^۱ و همکارانش (۲۰۰۵) برای اولین بار آزمون استقامتی تناوبی فوتسال (FIET) را به منظور ارزیابی توان هوازی بازیکنان فوتسال و توانایی آن‌ها در اجرای فعالیت‌های تناوبی با شدت بالا طراحی کردند که متشکل از دویدن رفت و برگشت به صورت فزاینده در زمین فوتسال و تا حدودی مشابه ماهیت بازی فوتسال بود (۱۴).

مهم‌ترین بخش مطالعه آزمون‌ها و بررسی همبستگی بین آزمون‌های میدانی و آزمایشگاهی وجود آزمونی معتبر و مرجع می‌باشد که اعتبار آزمون وابسته را دقیق‌تر مورد ارزیابی قرار می‌دهد (۱۹). در حوزه‌ی ارزیابی عملکرد قلب و عروق و شاخص معتبری مانند VO_{2max} آزمون آزمایشگاهی نوارگردان بروس^۳ (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 نیز مورد مطالعه قرار گرفته است (۲۱،۸). با این وجود، 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 می‌باشد.

عملکرد قلبی تنفسی که با نشانگر فیزیولوژیکی VO_{2max} ارتباط تنگاتنگی دارد، به کمک آزمون‌های آزمایشگاهی و میدانی معتبر ورزشی می‌توان 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 راستا، ضروری است به معیارهای برآورد دقیق VO_{2max} توجه شود که می‌توان به نسبت تبادل گازهای تنفسی^۴ (RER)، ضربان قلب پایانی^۵ (EHR) و لاکتات خون^۶ $[La]b$ اشاره کرد که عبارتند از: رسیدن به فلات اکسیژن مصرفی در آزمون‌های تمرینی فزاینده (تعریف شده به عنوان بالا رفتن حداقل از $2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ در مراحل پایانی آزمون)؛ افزایش RER تا بیشتر از $1/15$ ؛ افزایش ضربان قلب در حدود (ضربه ± 10) EHR پیش‌بینی شده و افزایش سطح لاکتات خون تولیدی به بالاتر از 8 mmol/l (۲۴)، بدین ترتیب، استفاده از ابزار ویژه و دقیق جهت 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 تمرین کرده و نخبه نیز می‌تواند در تفسیر نتایج مطالعه کمک کننده باشد.

نظری اجمالی به مطالعات قبلی 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 خلایی که در زمینه نبود آزمون‌های تخصصی و کاربردی برای تعیین روش‌های تقویت آمادگی هوازی موجود است، احتمالاً بررسی همبستگی بین آزمون آزمایشگاهی معتبری مانند بروس و آزمون‌های میدانی و در این پژوهش به طور 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 می‌بایست مورد مطالعه قرار گیرد. از آنجایی که آزمون‌های Yo-Yo IRT2 و FIET در شرایطی اجرا می‌شوند که به شرایط واقعی ورزش فوتسال بسیار نزدیک است، نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند مورد استفاده سایر پژوهشگران، مربیان، ورزشکاران نخبه و حتی ورزشکاران عادی نیز قرار گیرد. بنابراین، هدف اصلی این پژوهش پاسخ به این سوال 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؟

روش‌شناسی

¹ Barbero-Alvares

² Futsal Intermittent Endurance Test

³ Bruce Treadmill Test

⁴ Respiratory exchange ratio

⁵ End Heart rate

⁶ Lactate blood

آزمودنی‌ها

جامعه آماری پژوهش شامل کلیه بازیکنان نخبه فوتسال ۱۸ تا ۳۰ سال شهر کرمانشاه در مسابقات لیگ ۹۵ - ۹۴ استان و لیگ‌های بالاتر بودند. تعداد ۱۵ نفر بازیکن نخبه فوتسال، پس از داشتن معیارهای ورود در پژوهش شرکت کردند. معیارهای ورود در پژوهش حاضر شامل داشتن سن ۱۸ تا ۳۰ سال، سابقه فعالیت حرفه‌ای فوتسال ۲ تا ۵ سال در لیگ برتر فوتسال استان و بالاتر، داشتن حداقل ۳ - ۵ جلسه تمرین در هفته، سلامت عمومی و عدم 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 داوطلبانه شرکت کنندگان از پژوهش، ابتلا به بیماری یا ناراحتی در حین پژوهش، آسیب دیدگی در بین مراحل پژوهش و عدم رعایت نکات توصیه‌های شده در طول دوره پژوهش است.

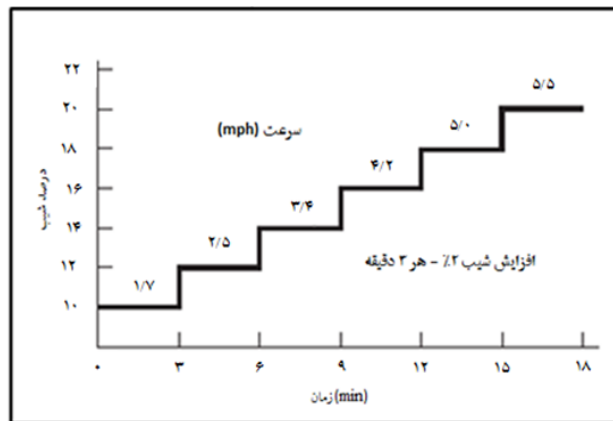
روش اجرای پژوهش

در اولین جلسه پژوهش، برای آزمودنی‌ها نوع و هدف پژوهش، نحوه همکاری و ابزار پژوهش شرح داده شد. پس از آشنایی با آنان مشخصات فردی بازیکنان در فرم‌های مخصوص اطلاعات ثبت شده و آزمودنی‌ها داوطلبانه پس از پرکردن فرم رضایت‌نامه در این پژوهش شرکت کردند. برای آگاهی از سوابق ورزشی و وضعیت سلامتی آزمودنی‌ها و همچنین اعلام آمادگی برای حضور دقیق پرسشنامه (سابقه ورزشی و سلامت عمومی) بین آزمودنی‌ها توزیع و پس از تکمیل جمع‌آوری شد. در جلسه دوم به آزمودنی‌های چگونگی مراحل مختلف پژوهش شامل اجرای تعداد جلسات آزمون توضیحات لازم ارائه شد. سپس روش اجرا، تاریخ و محل تشکیل برنامه روز اول آزمون ذکر گردید. اندازه‌های ترکیب بدنی شامل قد، توده بدن و درصد چربی اندازه‌گیری شد. پس از آن در سه جلسه آزمون‌گیری (در سه هفته متوالی و هر هفته یک آزمون) انجام شد. تعداد آزمودنی‌ها ۱۵ نفر بود در هر هفته یکبار تمام آزمودنی‌ها در یک روز مشخص، یکی از آزمون‌ها را اجرا کردند. این فرآیند ۳ جلسه برای کل اعضای گروه تکرار گردید یعنی هر کدام از آزمودنی‌ها سه بار آزمون دادند. همچنین از آزمودنی‌ها خواسته شد که ۴۸ ساعت قبل از اجرای هر آزمون از هر گونه فعالیت بدنی خودداری کنند. شرایط محیطی همه آزمودنی‌ها یکسان بود، با وجود اینکه کنترل وضعیت تغذیه آزمودنی‌ها به طور کامل میسر نبود، اما به آن‌ها توصیه شد ۲۴ ساعت قبل از اجرای هر آزمون از خوردن قهوه، کافئین، الکل و داروهای محرک و مسکن خودداری کنند.

آزمون‌های تجزیه گازهای تنفسی:

آزمون بروس (BTT)

برای اندازه‌گیری VO_{2max} آزمودنی‌ها، آزمون آزمایشگاهی نوار گردان بروس (BTT) بر روی نوار گردان (h/p/cosmos pulsar 3p 5.0 ساخت آلمان)، در شش مرحله سه دقیقه‌ای اجرا می‌شود که در هر مرحله سرعت و درصد شیب نوار گردان تغییر می‌یابد. به طور خلاصه، اولین مرحله با سرعت ۲/۷ کیلومتر در ساعت (۱/۷ مایل) و شیب ۱۰ درجه آغاز می‌شود و سپس سرعت (۰/۷ مایل) و شیب (۲ درجه) با یک نسبت ثابت، در هر مرحله اضافه می‌شود. آزمون با فشار کاری پایین آغاز شده و بتدریج بر فشار کار افزوده می‌شود و تا زمانی که آزمودنی از ادامه کار به علت خستگی بیش از حد اعلام انصراف نماید، ادامه می‌یابد (۲۵)، (۲۴).



شکل ۱. پروتکل آزمون بروس

آزمون ریکواری تناوبی یو-یو سطح ۲ (YO-YOIRT2)

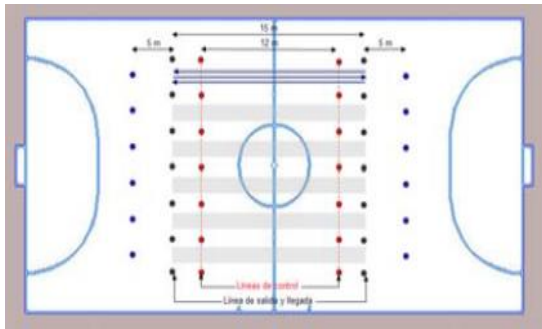
آزمون YO-YOIRT2 برای سنجش توانایی هوازی و استقامت در فعالیتهای تناوبی بازیکنان طراحی گردیده است (۲۶). این آزمون ۵ تا ۹ دقیقه طول می کشد. برای اجرای آزمون بین خطوطی که بوسیله دو مخروط به فاصله ۲۰ متر از یکدیگر بر روی زمین قرار داده می شود و مخروط سوم از خط شروع آزمون به فاصله ۵ متر به آن اضافه می شود. در این آزمون پس از طی دو مسیر رفت و برگشت ۲۰ متری (جمعاً 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) به آهستگی راه رفته و برگردد و بلافاصله به سوی خط شروع رفته و دویدن دور بعد را انجام دهد. بازیکنان می بایست سرعت دویدن خود را با صدای بوقی که از سیستم صوتی سالن پخش می شد تنظیم نمایند. این صدای بوق از CD آزمون YO-YOIRT2 پخش می گردید.



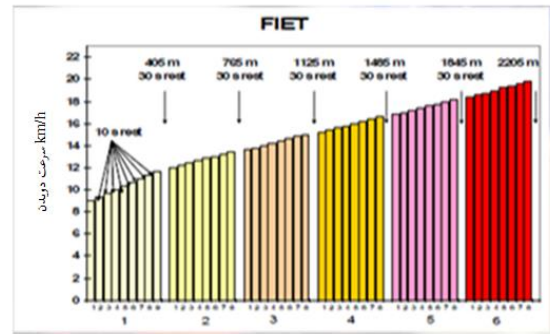
شکل ۲. YO-YOIRT2

آزمون استقامتی متناوب فوتسال (FIET)

آزمون FIET بر مبنای آنالیز مسابقه فوتسال طراحی گردیده تا استقامت ویژه بازیکنان فوتسال را بسنجد (۲). نشان داده شده است، با اجرای FIET هر دو مسیر هوازی و بی هوازی فعال می شوند (۱۳). این آزمون شامل وهله های ۴۵ متر دوی رفت و برگشت (۳ × ۱۵ m) است؛ به طوریکه، سرعت آن فزاینده و آزمودنی بعد از هر ۴۵ متر دویدن، ۱۰ ثانیه استراحت فعال دارد. هر سطح از ۸ وهله ی ۴۵ متری تشکیل شده است به غیر از مرحله اول که شامل ۹ وهله ی ۴۵ متری می باشد. آزمودنی بعد از اتمام هر وهله ۴۵ متری ۳۰ ثانیه استراحت غیرفعال دارد. FIET در سطح اول با سرعت ۹ کیلومتر بر ساعت شروع شده و به ازای هر وهله دویدن، ۰/۳۳ کیلومتر بر ساعت به سرعت افزوده می شود و در سطح های دوم تا ششم به ازای هر مرحله دویدن ۰/۲ کیلومتر بر ساعت، سرعت افزایش می یابد (۱۴) (تصویر ۱). این آزمون نیاز به یک ضبط و صوت یا دستگاهی مشابه دارد که سیگنال های شروع و تغییر سرعت توسط آن پخش شود.



شکل ۴. نمایش طرح کلی آزمون FIET



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

به منظور اطمینان از تلاش بیشینه آزمودنی‌ها و سنجش معیاری‌های حصول VO_{2max} ، ضربان قلب پایانی آزمون‌ها توسط ضربان سنج (پولار، BG750، فنلاند) اندازه‌گیری و آن‌ها ثبت شد. همچنین، برای غلظت لاکتات خون آزمودنی‌ها قبل از گرم کردن (حالت استراحتی) و ۵ دقیقه (۱۸) بعد از هر آزمون از نوک انگشت اشاره دست راست آزمودنی با استفاده از دستگاه لاکتومتر (p/cosmos، آلمان) اندازه‌گیری شد، به نحوی که ابتدا انگشت اشاره دست راست آزمودنی شست و شو و خشک می‌شد، آنگاه با پنبه آغشته به الکل، محل خون‌گیری ضد عفونی و در نهایت لاکتات اندازه‌گیری شد (۲۷). برای تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی در هر سه آزمون (بروس، YO-YOIRT2 و FIET) از دستگاه سنجش گازهای تنفسی (METAMAX 3B، آلمان) استفاده شد.

روش‌های آماری

به منظور توصیف متغیرهای مورد مطالعه از مقادیر میانگین به عنوان شاخص مرکزی و انحراف معیار به عنوان شاخص پراکندگی استفاده شد. همچنین به منظور ارزیابی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون آماری شاپیرو-ویلک استفاده و پس از اطمینان از توزیع طبیعی داده‌ها برای ارزیابی رابطه و میزان همبستگی بین متغیرهای آزمون‌ها ضریب همبستگی پیرسون در سطح معنی داری ($p < 0.05$) استفاده شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از نرم افزار SPSS16 استفاده شد.

نتایج

میانگین و انحراف معیار سن، قد، توده 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 ($M \pm SD$)

تعداد متغیر	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	توده بدن (Kg)	درصد چربی	BMI
۱۵	20.04 ± 1.85	178 ± 4.73	66.32 ± 7.13	11.29 ± 3.24	20.18 ± 1.62

جدول ۲. داده‌های توصیفی متغیرهای سه آزمون

متغیر	آزمون بروس	YO-YOIRT2	FIET
حداکثر اکسیژن مصرفی ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$)	48.06 ± 6.21	41.60 ± 4.45	42.33 ± 3.83

¹. Lactate squat

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
آستانه 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
دی اکسید کربن تولیدی (L.min ⁻¹)	۴/۴۶±۰/۵۲	۴/۷۵±۰/۵۹	۴/۳۸±۰/۵۷
معادل سوخت و سازی (METS)	۱۳/۷۲±۱/۸۲	۱۱/۳۵±۱/۶۰	۱۱/۵۵±۱/۴۵
معادل تهویه اکسیژن (L.min ⁻¹)	۴۱/۶۷±۶/۸۵	۴۹/۴۸±۸/۹۱	۴۶/۹۵±۹/۵۶
معادل تهویه دی اکسید کربن (L.min ⁻¹)	۲۹/۲۶±۲/۷۹	۲۶/۸۹±۲/۴۱	۲۸/۱۸±۲/۶۴
مسافت پیموده شده (متر)	-----	۴۰۲/۶۷±۷۱/۶۶	۹۹۸±۱۴۵/۳

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر (جدول ۳)، در فاکتورهای VO₂max ($r=0/55$, $p=0/034$) (نمودار ۱) و RER بین آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون میدانی YO-YOIRT2 و در فاکتور سطح لاکتات خون بین آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون میدانی FIET و همچنین، در فاکتور HRmax بین هر سه آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون‌های میدانی Yo-YoIRT2 و FIET بازیکنان نخبه فوتسال مرد ارتباط مثبت و معناداری وجود دارد.

اما، در فاکتور VO₂max بین آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون میدانی FIET ($r=0/34$, $p=0/213$) (نمودار ۲) و بین آزمون‌های میدانی YO-YOIRT2 و FIET ($r=0/42$, $p=0/116$) (نمودار ۳) و در فاکتور RER بین آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون میدانی FIET و همچنین، در آزمون‌های میدانی YO-YOIRT2 و FIET و در فاکتور سطح لاکتات بین آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون میدانی Yo-YoIRT2 و بین آزمون‌های میدانی Yo-YoIRT2 و FIET بازیکنان فوتسال نخبه مرد ارتباط مثبت و معناداری وجود ندارد.

جدول ۳. ضرایب همبستگی بین متغیرهای اندازه‌گیری شده

در سه آزمون BTT، Yo-Yo IRT2 و FIET (علامت * نشانه معناداری)

همبستگی بین آزمون‌ها					
متغیر	آزمون‌ها		r	p	sig
VO ₂ max	بروس	Yo-Yo IRT2	0/55	0/034	*
VO ₂ max	بروس	FIET	0/34	0/213	
VO ₂ max	Yo-Yo IRT2	FIET	0/42	0/116	
RER	بروس	Yo-Yo IRT2	0/60	0/017	*
RER	بروس	FIET	0/21	0/453	
RER	Yo-Yo IRT2	FIET	0/15	0/602	
HRmax	بروس	Yo-Yo IRT2	0/82	0/001	*
HRmax	بروس	FIET	0/95	0/001	*
HRmax	Yo-Yo IRT2	FIET	0/81	0/001	*
لاکتات خون	بروس	Yo-Yo IRT2	0/14	0/630	
لاکتات خون	بروس	FIET	0/61	0/017	*
لاکتات خون	Yo-Yo IRT2	FIET	0/29	0/281	

بحث و نتیجه‌گیری

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

بنابراین، یافته‌های پژوهش حاضر هم راستا با پژوهش‌های کاراکوچ و همکاران (۲۰۱۲) پژوهشی را با هدف تعیین ارتباط بین عملکرد سه آزمون Yo-YoIRT1,2 و تست استقامتی یویو^۱ (YET) با VO_2max آزمون نوارگردان^۲ (TRT) در بازیکنان جوان فوتبال انجام داده بودند که همبستگی متوسطی بین VO_2max و عملکرد آزمون‌های Yo-YoIRT1,2 و تنها ارتباط ضعیفی بین VO_2max و عملکرد آزمون YET وجود داشت (۲۲) که نتایج پژوهش حاضر نیز همسو با مطالعه کاراکوچ و همکاران همبستگی بین آزمون بروس و YOIRT2 را نشان داد. عالم دارغلو و همکاران (۲۰۱۲) ظرفیت هوازی فوتبال‌بست‌ها در آزمون‌های آزمایشگاهی و میدانی را مورد بررسی کردند که ارتباطی 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 نخبه زن فوتسال در آزمون‌های آزمایشگاهی فزاینده بیشینه نوارگردان و میدانی FIET را بررسی کردند که ارتباطی بالایی در VO_2max بین آزمون‌های آزمایشگاهی فزاینده نوارگردان و میدانی FIET گزارش کردند (۲۸). کاستگنا و همکارانش (۲۰۱۰) تقاضای فیزیولوژیکی آزمون تناوبی فوتسال با شدت بالا را مورد بررسی قرار دادند که نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد بین VO_2max بازیکنان فوتسال در آزمون بیشینه نوارگردان و آزمون میدانی FLET همبستگی معناداری وجود دارد (۱۳). همچنین، جهان‌دیده و همکاران (۱۳۹۲) ارتباط بین آزمون جدید FIET با آمادگی هوازی و توانایی تکرارهای سرعتی در فوتسال‌بست‌های جوان را مورد بررسی قرار دادند که بین آزمون FIET و VO_2max همبستگی معناداری وجود دارد (۱۰) که با پژوهش حاضر همخوانی نداشت.

علاوه بر این، در پژوهش‌های انجام شده در داخل وجود همبستگی بین برخی آزمون‌های میدانی و آزمایشگاهی گزارش شده است. نظرعلی و همکاران (۲۰۱۳) ارتباط بین آزمون‌های آزمایشگاهی، Yo-YoIRT2 و هاف در تعیین توان هوازی بازیکنان تیم ملی فوتبال زنان را مورد بررسی قرار دادند که VO_2max در آزمون هاف (۴۲/۶) میلی لیتر بر کیلوگرم در دقیقه و آزمون آزمایشگاهی (۴۳/۶) میلی لیتر بر کیلوگرم در دقیقه مشابه بود و ارتباط 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 که یافته‌ها نشان داد همبستگی قوی و بالایی بین VO_2max برآورد شده در آزمون‌ها نوارگردان و Yo-YoIRT2 در تجزیه گازهای تنفسی وجود دارد که بیانگر روایی بالای آزمون Yo-YoIRT2 در برآورد VO_2max می‌باشد (۴) که با پژوهش حاضر همخوانی دارد. این پژوهشگران، علت معناداری ارتباط بین آزمون‌ها را فشار فیزیولوژیکی و درگیری احتمالی سیستم‌های انرژی مشابه در آزمون‌ها بیان کردند. بلوسا و همکاران (۲۰۱۳) ارتباط بین ظرفیت‌های هوازی و عملکرد Yo-YoIRT1 در بازیکنان تیم ملی فوتسال برزیل را سنجیدند. همبستگی معناداری بین VO_2max و نوارگردان Yo-YoIRT1 وجود نداشت که عدم ارتباط را به دلیل اختلاف در پروتکل دویدن و فشار فیزیولوژیکی متفاوت بین دو آزمون گزارش کردند (۲).

با توجه به نتایج مطالعات قبلی که از آزمون‌های متفاوتی برای سنجش VO_2max استفاده شده است، می‌توان دلایل احتمالی را برای وجود ارتباط یا عدم وجود ارتباط بیان کرد. دلیل دیگری که سبب عدم همبستگی بین آزمون‌ها است، احتمالاً سطح آمادگی هوازی و رقابتی که آزمودنی‌ها با آن درگیر هستند، می‌تواند بر نتایج تاثیر 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 عدم ارتباط بین آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون میدانی FIET باشد؛ زیرا، این استراحت‌های ۱۰ ثانیه‌ای و مهم موجب کاهش فشار فیزیولوژیکی و ریکاوری بیشتر در آزمودنی‌ها گردیده است. بنابراین، وجود همبستگی بین VO_2max اندازه‌گیری شده بین آزمون آزمایشگاهی بروس و YO-YOIRT2 نشان‌دهنده روایی و اعتبار آزمون YO-YOIRT2 در برآورد VO_2max بازیکنان فوتسال مرد نخبه می‌باشد؛ به بیان دیگر، این آزمون به عنوان یک آزمون میدانی ساده و کم هزینه، توانایی بالایی در برآورد VO_2max بازیکنان فوتسال دارد.

1. YO-YO Endurance Test

2. Treadmill test

احتمالاً می‌تواند جایگزینی مناسبی برای آزمون آزمایشگاهی بروس باشد. در مورد FIET، مطالعات بیشتر در آینده می‌تواند پاسخ‌های شفاف‌تری ارائه دهند.

نتایج آماری آزمون نشان داد که بین فاکتور RER در آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون میدانی Yo-YoIRT2 بازیکنان فوتسال نخبه مرد ارتباط مثبت و معناداری وجود دارد، اما، بین آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون میدانی FIET و همچنین، بین آزمون‌های میدانی Yo-YoIRT2 و FIET ارتباط معناداری وجود ندارد. پژوهش لیم و همکاران (۲۰۱۶) ارتباطی کم تا متوسط در RER بین دو آزمون GXT و SPV گزارش کردند (۳۰)، کاستگنا و همکارانش (۲۰۱۰) در پژوهشی ارتباط معناداری در RER بین آزمون بیشینه نوارگردان و آزمون میدانی FLET در بازیکنان فوتسال گزارش کردند (۳۱)؛ همچنین، عالم دارغلو و همکاران (۲۰۱۲) در آزمون‌های آزمایشگاهی بروس و میدانی Yo-YoIRT1 و MST ارتباط معناداری در RER گزارش شد (۲۸)؛ جهان‌دیده و همکاران (۱۳۹۲) ارتباط معناداری بین RER و آزمون FIET گزارش کردند (۱۰) مطالعات قبلی و یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که فشار فیزیولوژیکی بر دستگاه قلبی-تنفسی به ویژه در دو آزمون بروس و Yo-YoIRT2 اعمال 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 نخبه فوتسال باشد. با این وجود، انجام مطالعات آتی و بررسی مکانیزم‌های احتمالی در آزمون‌های متفاوت می‌تواند در این زمینه کمک کننده باشد؛ چرا که مطالعات قبلی عمدتاً به دلایل وجود ارتباط بین آزمون‌ها اشاری نکرده‌اند و تنها از لحاظ آماری وجود ارتباط بین آزمون‌ها بیان شده است.

نتایج نشان داد که در فاکتور سطح لاکتات خون بین آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون میدانی FIET بازیکنان نخبه فوتسال مرد ارتباط 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 نخبه مرد ارتباط وجود ندارد. به نظر می‌رسد متغیر لاکتات برای نشان دادن فشار فیزیولوژیکی به ویژه در رشته 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، زمانی که ذخایر انرژی در حضور اکسیژن در دسترس استفاده می‌شود، لاکتات تشکیل نمی‌شود (۱۸).

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

با توجه به وجود ارتباط بین لاکتات خون در آزمون‌های آزمایشگاهی بروس و میدانی FIET در بازیکنان فوتسال، این امر ممکن است به دلیل وجود شدت و فشار فیزیولوژیکی و سهم مسیرهای تولید انرژی مشابه در هر دو آزمون باشد؛ زیرا که لیم و همکاران (۲۰۱۶) نیز ارتباطی کم تا متوسط در لاکتات خون بین دو آزمون GXT و SPV گزارش کردند (۳۰)؛ باربرو-آلوارز و همکاران (۲۰۱۵) نیز بین آزمون‌های آزمایشگاهی فزاینده بیشینه نوارگردان و میدانی FIET در لاکتات خون بازیکنان نخبه زن فوتسال ارتباط معناداری گزارش کردند (۲۸). کاستگنا و همکارانش (۲۰۱۰) نشان دادند که ارتباط 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 گزارش کردند که با پژوهش حاضر همخوانی داشت.

به طور کلی، می‌توان بیان کرد FIET زمانی که میزان لاکتات خون در برآورد شدت فعالیت بازیکنان فوتسال از عوامل مهم و قابل توجهی هستند، احتمالاً می‌تواند آزمونی معتبر و مناسبی برای جایگزینی آزمون بروس در تعیین توان هوازی بازیکنان فوتسال باشد. با این وجود، انجام مطالعات آتی می‌تواند در این زمینه کمک کننده باشد.

نتایج آماری آزمون ضریب همبستگی پیرسون نشان داد که بین فاکتور HRmax آزمون آزمایشگاهی بروس و آزمون‌های میدانی Yo-YoIRT2 و FIET بازیکنان فوتسال نخبه مرد ارتباط مثبت و معناداری وجود دارد. ضربان قلب در کلیه فعالیت‌های بدنی فزاینده، به صورت تدریجی تا مقادیر بیشینه افزایش می‌یابد که بازتابی از افزایش اکسیژن مصرفی است (۳۵). واکنش

ضربان قلب به سنگینی تمرین، شاخصی از اضافه بار است که به طور اعم بر بدن و به طور 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، می‌توان دلیل این تشابه در ضربان قلب به یکسان بودن شدت (۳۶، ۳۷) در آزمون‌ها باشد. مطالعات قبلی (۳۰، ۲، ۲۸، ۲۱) در تعیین همبستگی بین آزمون‌های میدانی و آزمایشگاهی وجود ارتباط بین این آزمون‌ها را در HRmax را گزارش کردند. هرچند که می‌توان به HRmax به عنوان یک شاخص در وجود ارتباط بین دو آزمون توجه کرد، به ویژه زمانی که HRmax در برآورد شدت فعالیت بازیکنان فوتسال عامل مهم و قابل توجهی باشد؛ اما، سایر داده‌ها نشان می‌دهد اظهار نظر در مورد وجود ارتباط بین آزمون‌های میدانی YO-YOIRT2 و FIET و حتی YO-YOIRT2 که در سایر شاخص‌ها ارتباط واضح‌تری نشان داد، تا حدودی مشکل است و نیاز به مطالعات بیشتر و دقیق‌تری دارد.

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

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. 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 futsal players of Iran physiologically and anthropometrically. Olympic Quarterly, 13th Year. 2005 Page 30:49-58. [In Persian].
6. Naderi Sh, Rajabi H, Norouzian M. Designing of 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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b7f743)
12. Krstrup 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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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, Wisloff 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/bjism.36.3.218](https://doi.org/10.1136/bjism.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](https://doi.org/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. Shojaei A, Gaeeni Ab. Physiological comparison and performance of Bruce and Balk tests in elite Karate champions. 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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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 scoring 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](https://doi.org/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](mailto: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](https://doi.org/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](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/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](https://doi.org/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](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/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](https://doi.org/10.1152/physrev.00015.2007)
35. Bangsbo J, Iaia F M, & Krstrup P. The Yo-Yo intermittent recovery test. *Sports medicine*. (2008); 38(1), 37-51. [DOI: 10.2165/00007256-200838010-00004](https://doi.org/10.2165/00007256-200838010-00004)
36. Krstrup 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](https://doi.org/10.1080/026404101753113831)
37. Helsen W, Bultmann 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](https://doi.org/10.1080/02640410310001641502).