Design, Construction, and Reliability of a Native Electronic Device (EPIF) to Measure the Young Futsalists' Endurance Performance

Asadollahi H (M.Sc.)[1], Nazem F (Ph.D.)[2*], Sadeghi A (Ph.D.)[3], Saki H (Ph.D.)[4]

[1]Master of Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
[2]Professor of Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
[3]Associate professor, sport physiology department, Imam Khomeini international university, Qazvin, Iran
[4]Ph.D. in sport physiology, Department of Physical Education and Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Abstract

Introduction: Quick and accurate assessment of cardiorespiratory capacity is very important in research and exercise conditions. Therefore, the design and evaluation of cheap, light, and portable devices are worthy of consideration. FFThis study investigated the reliability of endurance performance indices in Futsal (EPIF) during the implementation of two selected field tests (FIET = Futsal intermittent endurance test and TCAR = Carminatti test).

Methods: 23 futsal players with playing experience of 7.2 ± 2.1 years, an average age of 19.1 ± 3.07 years, and a body mass index of 21.20 ± 1.04 kg/m^2, were randomly selected. They first voluntarily performed the FIET test and then the TCAR test with an interval of 3 days. To evaluate the validity and reliability of the TCAR field test, the researchers used Pearson's correlation coefficient and intra-class intragroup correlation (ICC), respectively.

Results: A significant correlation was found between the physiological variable of final heart rate (HR) and the HR delta of running activity in the FIET test, with $VO_{2\ max}$ using the standard method. The reliability of the FIET test was reported at an excellent level ($p < 0.001$, ICC = 0.912-0.939). Also, after the field tests, the HR delta was reported as a suitable predictive factor for estimating the $VO_{2\ max}$ of young futsal players ($p = 0.020$, SEE = 4.051, $R^2 = 0.512$).

Conclusion: The findings show the high reliability and validity of the TCAR field test with the EPIF device. Therefore, the design and construction of this native device and its use for coaches at the club and national levels are worthy for evaluating the athletic endurance of futsal players.

Keywords: Body Mass Index, Reproducibility of Results, Exercise

Sadra Med Sci J 2023; 11(2): 139-150.
Received: Aug. 26th, 2022
Accepted: Feb. 13th, 2023

[*]Corresponding Author: **Nazem F.** Exercise physiology department, Sports sciences faculty, Hamedan Bu ali Sina University, Hamedan, Iran, f.nazem@basu.ac.ir

مقاله پژوهشی
(Original Article)

مجـــــله علـــــوم پزشکی صدرا
دوره ۱۱، شماره ۲، بهار ۱۴۰۲، صفحات ۱۳۹ تا ۱۵۰
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۴

طراحی و ساخت و پایایی دستگاه الکترونیک بومی (EPIF) برای سنجش عملکرد استقامت فوتسالیست‌های جوان

حسین اسدالهی[۱]، فرزاد ناظم[۲*]، عباس صادقی[۳]، حسین ساکی[۴]

[۱]کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزش، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
[۲]استاد فیزیولوژی کار و ورزش، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
[۳]دانشیارگروه فیزیولوژی ورزش، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
[۴]دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

چکیده

مقدمه: ارزیابی سریع و دقیق ظرفیت قلبی‌تنفسی در شرایط تحقیقاتی و ورزشی اهمیت بسیاری دارد. بنابراین طراحی و ارزیابی دستگاه‌های ارزان و سبک و حمل‌شدنی درخور تأمل است. در این مطالعه، پایایی دستگاه سنجش استقامت ورزشی (EPIF: Endurance Performance Indexes in Futsal) هنگام اجرای دو آزمون میدانی منتخب (FIET: Futsal Intermittent Endurance Test و TCAR: Carminatti Test) در ورزش فوتسال، بررسی می‌شود.

روش‌ها: تعداد ۲۳ بازیکن فوتسال با سابقه‌ی بازی ۲/۱±۷/۲ سال و میانگین‌های سنی ۳/۰۷ ± ۱۹/۱ سال، شاخص جرم بدن ۱/۰۴ ± ۲۱/۲۰ کیلوگرم بر مترمربع، به‌طور تصادفی انتخاب شده و نخست آزمون FIET و سپس با فاصله‌ی سه روز آزمون TCAR را داوطلبانه اجرا کردند. برای ارزیابی روایی و پایایی آزمون میدانی TCAR به‌ترتیب از ضریب همبستگی پیرسون و همبستگی درون طبقه‌ای درون‌گروهی (ICC) استفاده شد.

یافته‌ها: همبستگی معناداری بین متغیر فیزیولوژیک ضربان قلب پایانی و دلتای ضربان قلب فعالیت دویدن در آزمون FIET، با VO_{2max} به‌روش معیار به دست آمد و پایایی آزمون FIET در سطح عالی گزارش شد (ICC =۰/۹۱۲ -۰/۹۳۹ ، p<۰/۰۰۱). همچنین پس از آزمون‌های میدانی، دلتای ضربان قلب عامل پیشگوی مناسبی برای برآورد ظرفیت هوازی بازیکنان جوان فوتسال گزارش شد (R^2 =۰/۵۱۲ ، SEE = ۴/۰۵۱ , p=۰/۰۲۰).

نتیجه‌گیری: یافته‌ها، پایایی و روایی بالای آزمون میدانی TCAR با دستگاه EPIF را نشان می‌دهد. طراحی و ساخت این دستگاه بومی و کاربست آن برای مربیان در سطوح باشگاهی و ملی برای ارزیابی استقامت ورزشی فوتسالیست‌ها درخور توجه است.

واژگان کلیدی: شاخص توده بدن، تکرارپذیری نتایج، ورزش

* نویسنده مسئول: **فرزاد ناظم**، همدان، بلوار شهید احمدی روشن، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی،
f.nazem@basu.ac.ir

مقدمه

ورزش فوتسال حرفه‌ای، یک فعالیت ورزشی شدید تناوبی، پرفشار و پرهیجان است. شواهد علمی نشان می‌دهد که بازیکنان فوتسال خصوصیات فیزیولوژیکی و ترکیب بدنی متفاوتی دارند. ویژگی الگوی فعالیت‌های حرکتی متناوب و سریع، هنگام نمایش بازی فوتسال و عوامل محیطی شامل اندازه‌ی زمین، سیستم‌های بازی، زمان هر نیمه‌ی بازی، مهارت‌های حرکتی و درگیری‌های فیزیکی نزدیک میان بازیکنان در کیفیت عملکرد ورزشکار نقش دارند. بنابراین، بازیکنان فوتسال برای دستیابی به اوج اجرای ورزشی، ناچار به ارتقاء سطوح استقامت قلبی‌عروقی، قدرت و توان انفجاری، چابکی و سرعت هستند (۱، ۲). از عوامل برجسته و مؤثر آمادگی جسمانی در ورزش فوتسال، آمادگی دستگاه قلبی‌تنفسی است که برای ارزیابی سطح آمادگی هوازی بازیکن به شاخص معتبر نیاز دارد (۳). چنان‌که دستیابی به بهترین شاخص سنجش آمادگی هوازی، امکان مطالعات علمی در حیطه‌ی فیزیولوژی ورزش و مبانی علم تمرین به‌منظور طراحی و انتخاب بهینه‌ی آزمون‌های میدانی یا پروتکل‌های آزمایشگاهی را فراهم کرده است تا بدین‌وسیله برای کادر فنی و و مربیان تیم‌های ورزشی راهگشا باشد. البته آزمون‌های میدانی معتبر و متعددی مانند آزمون‌های شاتل‌ران در مسافت‌های معین، آزمون‌های پلکان، آزمون یویو و نمونه‌های مشابه برای سنجش ظرفیت هوازی بازیکنان ارائه شده است (۴، ۵). این پروتکل‌های ورزشی عمدتاً به برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی[1] (VO_{2max}) پرداخته که برای استفاده های گروهی از بازیکنان یک تیم ورزشی امکان‌پذیر است. ازآنجاکه بیشتر مربیان و ورزشکاران برای اندازه‌گیری مستقیم سطح کارایی دستگاه قلب و عروق به تجهیزات آزمایشگاهی و پرسنل آزموده دسترسی ندارند و همچنین الگوهای حرکتی در ورزش‌های مختلف، متفاوت از الگوی دویدن روی تریدمیل هنگام آنالیز گازهای تنفسی است و از سوی دیگر، توسعه‌ی علوم تجربی و تکنولوژی ورزشی، وابسته‌به مطالعات میدانی و فعالیت‌های آزمایشگاهی است؛ ساخت تجهیزات الکترونیکی در میادین ورزش برای سنجش متغیرهای آمادگی جسمانی ورزشکاران همراه با به روزشدن این ابزارهای سنجش، اهمیت خاصی برای برنامه ریزان علوم تندرستی و ورزش قهرمانی دارد.

بیشتر پژوهشگران در زمینه‌ی فیزیولوژی ورزش و مربیان ورزشی خاطر نشان می‌کنند که برخورداری ورزشکار از سطح بالای آمادگی هوازی بالاتر از آستانه‌ی لاکتات، پیش نیاز دستیابی به عملکرد بی‌هوازی بهینه هنگام اجرای فعالیت‌های متناوب طولانی‌مدت فوتبال و فوتسال است (۶). به همین دلیل، ورزشکاران این رشته‌های ورزشی معمولاً هنگام تمرین‌های پیش‌فصل مسابقه، از فعالیت‌های استقامتی طولانی‌مدت برای بهبود توان هوازی خود بهره می‌برند (۷). گزارش‌های اخیر نشان می‌دهد که بازیکنان حرفه‌ای فوتسال طی مسابقات رسمی بین پنج تا دوازده درصد زمان اجرای مسابقه را با شدت بالا، معادل ۷۵درصد حداکثر اکسیژن مصرفی یا نود درصد ضربان قلب بیشینه فعالیت می‌کنند (۸). بنابراین، بازی فوتسال رخداد ورزشی نسبتاً شدیدی است که هر دو مسیر سوخت‌وساز هوازی و بی‌هوازی را دربرمی‌گیرد (۸، ۹). در این میان، یافته‌های علمی از روش‌های گوناگون اندازه‌گیری ظرفیت هوازی ورزشکاران در رشته‌های مختلف ورزشی حکایت دارد؛ به طوری‌که آزمون‌های میدانی معتبر (FIET[2] و TCAR[3]) متناسب با مهارت‌های حرکتی رخداد ورزشی خاصی چنان طراحی شده است که می‌تواند جایگزین روش‌های پیچیده و پرهزینه‌ی آزمایشگاهی شوند. از این‌رو، طراحی و ساخت دستگاه بومی ارزان‌قیمت و سبک و حمل‌شدنی با پایایی و روایی بالا، برای سنجش آزمون‌های میدانی و کاربرد آن‌ها برای ارزیابی عملکرد استقامت ورزشکاران به‌ویژه فوتسالیت ها، اهمیت دارد.

[1] Maximal Oxygen Consumption

[2] Futsal Intermittent Endurance Test

[3] Carminatti Test

روش‌ها

۱- جمعیت مطالعه‌شده

تعداد ۲۳ بازیکن جوان پسر با میانگین سنی ۳/۰۷±۱۹/۱ سال، شاخص جرم بدن ۱/۰۴±۲۱/۲۰ کیلوگرم بر مترمربع به‌صورت داوطلبانه در این مطالعه شرکت کردند که در تیم‌های فوتسال منتخب شهرستان قزوین با میانگین سابقه‌ی بازی ۳/۱ ± ۸/۲ سال فعالیت داشتند. ابتدا همه‌ی آزمودنی‌ها پرسش‌نامه سلامت PAR-Q[1] را همراه با رضایت‌نامه داوطلبانه تکمیل کردند.

معیارهای ورود به مطالعه داشتن مهارت آکادمیک بازی فوتسال، شرکت منظم در تمرینات، نداشتن مشکلات قلبی تنفسی و عصب عضلانی و هرگونه بیماری تأثیرگذار بر نتایج آزمون بود.

۲- محیط پژوهش و امکانات اولیه

پس از طراحی پرسپکتیو دستگاه، به کمک اطلاعات فنی مهندسان الکترونیک و نرم‌افزار کامپیوتر، ابزار سخت‌افزاری و برنامه‌های نرم‌افزاری لازم برای ساخت دستگاه هدف متناسب با پارامترهای سنجیدنی در دو آزمون میدانی اختصاصی تهیه شد. ظرفیت استقامت (VO_{2max}) هر آزمودنی روی دستگاه تریدمیل مطابق پروتکل بروس تعدیل‌یافته به‌روش گاز آنالایزور در دما و رطوبت استاندارد تعیین گردید. در این پروتکل ورزشی، متغیرهای نسبت تبادل تنفسی (RER[2] = ۱/۲۲)، اندازه‌ی شدت فعالیت دویدن در پایان آزمون درمانده‌ساز (HRmax% = ۹۹/۸۹٪)، میانگین ضربان قلب بیشینه در دقیقه bpm (۲/۴ ± ۱۹۴) و شاخص خستگی بورگ (RPE[3] = ۱۸/۴) برای هر بازیکن در شرایط تراز فیزیومتابولیک اکسیژن مصرفی (VO_2) و ضربان قلب هدف THR[4] زیر بار کار معین ارگومتری به‌روش وازرمن، صورت گرفت. ضربان قلب آزمودنی هنگام برنامه‌ی ورزش استاندارد بروس تعدیل‌یافته با دستگاه تله‌متری پرتابل پولار ساخت فنلاند ثبت گردید.

۳- ارزیابی پایایی دستگاه EPIF[5]

پایایی دستگاه هدف EPIF به‌دنبال اجرای هر دو پروتکل میدانی FIET و TCAR برای سنجش عملکرد استقامت بازیکنان جوان، بررسی شد (شکل ۱). هر دو آزمون میدانی FIET و TCAR با فاصله‌ی سه روز و به‌طور تصادفی با نظارت پژوهشگر در نوبت قبل از ظهر و در دما و رطوبت محیطی استاندارد درون سالن ورزشی سرپوشیده با تهویه‌ی مناسب اجرا شد. متغیرهای آنتروپومتریک به‌وسیله‌ی دستگاه بیوالکتریک ایمپدانس Body composition مدل ZEUS ساخت کشور کره جنوبی برآورد گردید. ماهیت استقامتی و آشنایی قبلی همه‌ی ورزشکاران با آزمون‌های ورزشی مورد مطالعه و همچنین نداشتن تأثیر فاصله‌ی زمانی بر نتایج آزمون، از دلایل انتخاب سه روز فاصله‌ی زمانی بین دو آزمون بود (۱۰).

شکل ۱. نمای دستگاه EPIF برای اجرای آزمون میدانی اختصاصی در فوتسالیست‌ها

[1] Physical Activity Readiness Questionnaire
[2] Respiratory Exchange Ratio
[3] Rate of Perceived Exertion
[4] Target Heart Rate
[5] Endurance Performance Indexes in Futsal

۴- نحوه‌ی اجرای آزمون میدانی FIET[1]

پروتکل میدانی FIET شامل دویدن رفت‌وبرگشت ۴۵ متر (۳ × ۱۵ متر) با مداخله‌ی دو عامل سطح و مرحله است. سطح اول نه مرحله و سطح‌های دوم تا ششم هریک هشت مرحله دارد که اندازه‌ی سرعت حرکت به‌ازای هر سطح و هر مرحله به‌صورت پلکانی افزایش می‌یابد. سرعت دویدن در شروع آزمون میدانی، نه کیلومتر بر ساعت است و اندازه‌ی سرعت به‌ازای هر مرحله در سطح اول ، ۰/۳۳ کیلومتر بر ساعت افزایش پیدا می‌کند. در سطح‌های دوم تا ششم، افزایش سرعت به‌ازای هر مرحله، معادل ۰/۲ کیلومتربرساعت است. بعد از هر نوبت اجرای متناوب (دوی شاتل به مسافت ۴۵ متر)، بازیکن به مدت ده ثانیه به صورت جاگینگ آرام در یک فضای معین به مساحت پنج مترمربع، استراحت فعال کرده تا برای مرحله‌ی بعدی اجرا آماده شود. هر بازیکن پس از انجام هر سطح، مجاز به سی ثانیه استراحت کامل بوده است. لحظه‌ی توقف این آزمون درمانده‌ساز نقطه‌ای بود که بازیکن، دوبار پیوسته نتواند هم زمان با نواخته‌شدن صدای آژیر دستگاه به خط فاصله‌ی دوازده متر برسد. در این وضعیت، رکورد بازیکن بر حسب دقیقه ثبت می‌گردید (۱، ۱۱). در این پروتکل میدانی، متغیرهای مسافت[2]، زمان[3]، شتاب[4]، تعداد دوی شاتل[5] و حداکثر سرعت[6] اندازه‌گیری شده و در حافظه‌ی دستگاه EPIF ثبت می‌شد.

۵- پروتکل TCAR[7]

آزمون کارمیناتی TCAR، نیز دو عامل سطح و مرحله دارد؛ به‌طوری‌که شرکت‌کننده باید دوی رفت‌وبرگشت سی متری (۱۵×۲ متر) را پیوسته و با سرعت فزاینده، انجام دهد تا به خستگی ارادی برسد. در فاصله‌ی زمانی هر دوازده ثانیه دوی رفت‌وبرگشت (سی متر)، مدت شش ثانیه به استراحت فعال (جاگینگ آرام) اختصاص می‌یابد. بنابراین، هر مرحله‌ی اجرا نود ثانیه زمان می‌برد. اندازه‌ی مسافت دویدن در مرحله‌ی اول، پانزده متر بود که در هر سطح (از مرحله‌ی پنجم به بعد)، یک متر به آن اضافه می شد. این پروتکل میدانی با سرعت دوی اولیه‌ی نه کیلومتردر ساعت شروع شده و در فاصله‌ی ثابت پانزده متر به‌صورت دوی رفت‌وبرگشت در فاصله‌ی معین تکرار می‌شد (۱۲، ۱۳).

لحظه‌ی توقف آزمون دوم میدانی هنگامی بود که فوتسالیست در لحظه‌ی شنیدن آژیر هشدار دستگاه EPIF برای دو تکرار پیاپی، نتواند خود را به انتهای خط ثابت رفت یا برگشت برساند. سپس متغیرهای مسافت، زمان، شتاب، تعداد دوی شاتل و حداکثر سرعت در حافظه‌ی دستگاه EPIF ثبت می‌شد.

یافته‌ها

میانگین متغیرهای منتخب فیزیولوژیک و عملکردی آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

در جدول ۲، متغیرهای عملکردی ویژه‌ی اجرای دو آزمون میدانی اختصاصی فوتسالیست‌ها (TCAR و FIET) مشاهده می‌شود. فوتسالیست‌ها، هر دو پروتکل میدانی درمانده‌ساز را به‌ترتیب با میانگین‌های شدت کار (۲/۸۵٪ ± ۱۰۰/۴۵٪ و ۱/۴۵٪ ± ۹۸/۱۴٪) و احساس فشار کار (۱/۰۸ ± ۱۸/۴ و ۰/۸ ± ۱۸ :RPE_{20}) بالاتر از آستانه‌ی لاکتات به پایان رساندند. مدت زمان اجرای پروتکل TCAR، ۴۹۴ ثانیه (۴۹/۱ درصد) بیشتر از زمان اجرای پروتکل FIET بود. بااین‌حال، مسافت طی‌شده در پروتکل TCAR (۵۱۲۱ متر) بیشتر از آزمون FIET (۳۸۴۵ متر)، بود. از این‌رو، به‌نظر می‌رسد که باتوجه‌به سطح شدت بیشینه‌ی کار در هردو پروتکل میدانی، اندازه‌ی شدت فعالیت دویدن هنگام اجرای آزمون FIET به‌طور معناداری بالاتر است (۲/۱ درصد).

[1] Futsal Intermittent Endurance Test
[2] distance
[3] time
[4] peakvelocity
[5] Number Shuttle run
[6] V_{max}
[7] Carminatti Test

جدول ۱. میانگین شاخص‌های عملکرد استقامت فوتسالیست‌ها هنگام پروتکل بروس به‌روش گازآنالایزور

متغیرها	میانگین ± انحراف معیار	SEM	کرانه‌ی پایین	کرانه‌ی بالا
زمان اجرای آزمون معیار (دقیقه)	۱۵/۳۴ ± ۱/۳۷	۰/۴۳	۱۳/۳۹	۱۷/۰۵
مسافت طی‌شده (کیلومتر) در آزمون استاندارد	۱/۴ ± ۰/۲۷	۰/۰۸۷	۱	۱/۸
VO_{2max}(میلی‌لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه)	۵۰/۹ ± ۵/۴۷	۱/۷۳	۴۲	۶۰
نسبت تبادل تنفسی (RER)	۱/۲۲ ± ۰/۵۲	۰/۰۱۶	۱/۲	۱/۳
ضربان قلب پایان آزمون بروس (ضربه در دقیقه)	۱۹۴/۴۰ ± ۴/۳۲	۱/۳۷	۱۸۹	۲۰۳
دلتا ضربان قلب فعالیت (ضربه در دقیقه)	۱۳۷/۶۶ ± ۸/۷	۲/۱۱	۱۲۹	۱۴۹
شدت فعالیت پایان آزمون فزاینده بروس (درصد حداکثرضربان فعالیت)	٪۹۹/۸۹ ± ۲/۱۹	٪۰/۶۹	٪۹۶/۵۴	٪۱۰۴/۲۶
شاخص خستگی بورگ (RPE_{20})	۱۸/۴ ± ۴/۰۸	۰/۳۴	۱۷	۲۰

SEM: Standard Error of the Mean
RER: Respiratory Exchange Ratio
RPE: Rate of perceived exertion

دو متغیر فیزیولوژیک ضربان قلب پایانی فعالیت و دلتای ضربان قلب هنگام پروتکل FIET ، همبستگی معناداری با VO_{2max} در آزمون معیار داشتند (جدول ۳). دو معادله‌ی خطی رگرسیون پیش‌بین برای دو متغیر مستقل فیزیولوژیکی ضربان قلب فعالیت (R=۰/۷۰، P< ۰/۰۵) و دلتا ضربان قلب فعالیت (R=۰/۷۱، P< ۰/۰۵)، به شرح زیر به دست آمد:

VO_{2max} (ml/kg/min) = −۲۱۵/۹۳۸ + ۱/۳۹۷ × ضربان قلب آزمون (bpm)

معادله‌ی ۱

(R^2 =۰/۴۹۴، p=۰/۰۲۳، SEE = ۴/۱۲۶ ml/kg/min)

VO_{2max} (ml/kg/min) = −۵۳/۹۱۴ + ۰۱/۷۸۱ × دلتا ضربان قلب آزمون (bpm)

معادله‌ی ۲

(R^2 =۰/۵۱۲، p=۰/۰۲۰، SEE = ۴/۰۵۱ ml/kg/min)

۱- پایایی آزمون میدانی FIET

برای بررسی پایایی و ثبات اندازه‌گیری دستگاه بومی EPIF در سنجش متغیرهای عملکرد استقامت بازیکنان، پروتکل FIET با نظارت پژوهشگر اجرا شد. نتایج ضریب همبستگی درون‌رتبه‌ای (ICC[1]) نشان داد که کارایی دستگاه EPIF در ارزیابی متغیرهای منتخب این آزمون میدانی شامل زمان اجرا، مسافت طی‌شده و سرعت حداکثر دویدن در مرحله‌ی واماندگی پایایی بهینه‌ای دارد (ICC =۰/۹۱۲۸ ،۰/۹۳۹- ،p<۰/۰۰۰۱) (جدول ۴).

پایایی آزمون TCAR: ثبات اندازه‌گیری دستگاه EPIF در سنجش متغیرهای منتخب عملکرد استقامت ورزشکاران فوتسال هنگام اجرای آزمون TCAR، نیز مطالعه شد. هر آزمودنی، این پروتکل را با فاصله‌ی سه روز از آزمون اول مطابق دستورالعمل آن اجرا کرد. یافته‌های آماری آشکار می‌کند که این دستگاه بومی در اندازه‌گیری متغیرهای عملکردی پنج‌گانه هنگام اجرای آزمون

[1] Intraclass Correlation Coefficient

تخصصی TCAR، پایداری لازم را دارد (P<۰/۰۵ و ۰/۸۳ >R >۰/۸۵) (جدول ۵).

بحث

گزارش‌های علمی، لزوم کاربست روش‌های کارآمد مانند طراحی و پایایی آزمون‌ها و ابزارهای ورزشی در سنجش عملکرد فیزیکی و فیزیولوژیک افراد در سطوح ورزش همگانی یا حرفه‌ای را خاطرنشان می کند؛ برای نمونه در زمینه‌ی ارزیابی ثبات آزمون‌ها در سنجش ظرفیت هوازی فوتسالیست‌ها، می‌توان گفت که کدام‌یک از متغیرهای عملکردی، آنتروپومتریک، فیزیولوژیک یا ترکیب آن‌ها به‌عنوان شاخص برجسته ی سنجش استقامت ورزشی هنگام اجرای دو پروتکل اختصاصی FIET و TCAR، همبستگی بالاتر با ظرفیت هوازی به‌روش معیار را پیدا می‌کند. پایایی

جدول ۲. میانگین شاخص‌های عملکردی و فیزیولوژیک مردان فوتسالیست در پروتکل‌های TCAR[1] و FIET[2]

متغیرها	میانگین ± انحراف معیار	SEM	کرانه‌ی پایین	کرانه‌ی بالا
پروتکل TCAR				
زمان اجرا (ثانیه)	۱۱۹ ± ۱۰۰۶	۳۸	۸۲۸	۱۱۸۱
مسافت طی‌شده (متر)	۸۸۰ ± ۵۱۲۱	۲۷۸	۴۰۰۶	۶۶۹۴
تعداد دور دویدن (شاتل)	۵/۱ ± ۸۲/۹	۲/۸۷	۷۱	۹۹
سرعت حداکثر (کیلومتر بر ساعت)	۱/۰۰۴ ± ۱۸/۶۳	۰/۳۱۸	۱۷/۴	۲۰/۴
اوج سرعت (کیلومتر بر ساعت)	۶/۵۵ ± ۲۳/۱	۰/۴۹	۲۱/۶۶	۲۶/۳۴
ضربان قلب پایانی (ضربه در دقیقه)	۶/۹۱ ± ۱۹۵/۵	۱/۸۷	۱۸۷	۲۰۳
دلتا ضربان قلب فعالیت (ضربه در دقیقه)	۸/۴ ± ۱۳۸/۸	۲/۶	۱۲۷	۱۴۹
نسبت شدت فعالیت پایان آزمون (٪)	٪۴۵/۸۵ ± ۱۰۰/۲	۹۱	۹۵/۵۳	۱۰۴/۲۶
شاخص خستگی بورگ(RPE_{20})	۴/۰۸ ± ۱۸/۱	۰/۳۴	۱۷	۲۰
پروتکل FIET				
زمان اجرا (ثانیه)	۱۳ ± ۵۱۲	۴/۲۳	۹۴۹	۵۳۰
مسافت طی‌شده (متر)	۲۷۶ ± ۳۸۴۵	۸۷	۳۴۶۵	۴۱۸۵
سرعت حداکثر (کیلومتر بر ساعت)	۱/۲۱ ± ۲۶/۸۲	۰/۳۸	۲۵/۲	۲۸/۴
ضربان قلب پایان آزمون (ضربه در دقیقه)	۲/۷ ± ۱۹۱	۰/۸۷	۱۸۶	۱۹۵
دلتا ضربان قلب فعالیت (ضربه در دقیقه)	۵ ± ۱۳۴	۱/۵۸	۱۲۶	۱۴۱
شدت فعالیت پایان آزمون (٪)	۱۴/۴۵ ± ۹۸/۱	۹۱	۹۵/۵۳	۱۰۴/۲۶
شاخص خستگی بورگ (RPE)	۰/۸ ±۱۸	۰/۲۶	۱۷	۱۹

SEM: Standard Error of the Mean
TCAR: Carminatti test
FIET: Futsal intermittent endurance test
RPE: Rate of perceived exertion

[1] Carminatti Test
[2] Futsal Intermittent Endurance Test

جدول ۳. همبستگی VO_{2max} با شاخص‌های منتخب عملکردی فوتسالیست‌ها درآزمون‌های TCAR و FIET

	TCARپروتکل		FIETپروتکل	
متغیرهای وابسته در مدل خطی:	R	p-value	R	p-value
(ثانیه) زمان اجرا	۰/۵۷۹	۰/۰۸	۰/۳۵۵	۰/۳۱۴
شده (متر)مسافت طی	۰/۳۰۷	۰/۳۸۸	۰/۳۲۲	۰/۳۶۵
سرعت حداکثر (کیلومتر بر ساعت)	۰/۳۱۰	۰/۳۸۳	۰/۳۶۱	۰/۳۰۵
ضربان قلب پایانی (ضربه در دقیقه)	۰/۳۹۸	۰/۲۵۵	۰/۷۰۳*	۰/۰۲۳
دلتا ضربان قلب فعالیت (ضربه در دقیقه)	۰/۴۷۹	۰/۱۶۱	۰/۷۱۵*	۰/۰۲۰
RPE_{20})شاخص خستگی (	۰/۶۱۷	۰/۰۵۷	-۰/۰۲۵	۰/۹۴۶
ضربان قلب استراحت (ضربه در دقیقه)	-۰/۶۱۱	۰/۰۶۰	-۰/۶۱۱	۰/۰۶۰

*بیشترین همبستگی با ظرفیت هوازی

TCAR: Carminatti test

FIET: Futsal intermittent endurance test

RPE: Rate of perceived exertion

جدول ۴. همبستگی شاخص‌های منتخب عملکرد فوتسالیست‌ها در دوبار تکرار اجرای FIET (چهارده نفر)

متغیرهای منتخب عملکردی	میانگین ± انحراف معیار	میانگین ± انحراف معیار	ICC	P value
تکرار سنجش متغیرها	نوبت اول	نوبت دوم		
زمان آزمون میدانی (ثانیه)	۴۴۳ ± ۳۴	۴۵۷ ± ۳۶	۰/۹۳۹	<۰/۰۰۱
مسافت طی شده (متر)	۲۷۱۰± ۳۹۹	۲۹۱۲ ± ۴۸۰	۰/۹۱۲	<۰/۰۰۱
سرعت حداکثر دویدن (کیلومتر بر ساعت)	۲۱/۸۳ ± ۱/۷۷	۲۲/۷۴ ± ۲/۱۳	۰/۹۱۲	<۰/۰۰۱

ICC: Intraclass correlation coefficient

جدول ۵. همبستگی شاخص‌های منتخب عملکرد فوتسالیست‌ها با دو نوبت تکرار اجرای TCAR

شاخص‌های آزمون میدانی	میانگین وانحراف استاندارد	میانگین و انحراف استاندارد	همبستگی (ثبات دستگاه)	P-Value
تکرارپذیری عوامل عملکردی در TCAR	نوبت اول اجرا	نوبت دوم اجرا	-	-
مسافت اجرا (متر)	۴۸۱۱/۰۰ ± ۹۸۱/۴۴۹	۴۶۵۷/۸۳ ± ۸۳۸/۸۱۱	۰/۸۵۶	<۰/۰۰۱
سرعت حداکثر (کیلومتر بر ساعت)	۱۸/۳۰ ± ۱/۱۵۸۴	۱۸/۰۵۰ ± ۱/۰۰۵۹	۰/۸۵۷	<۰/۰۰۱
سرعت اوج (کیلومتر بر ساعت)	۲۳/۰۵۰۰ ± ۱/۷۷۲۴	۲۲/۷۳۵ ± ۱/۵۵۳۵	۰/۸۵۴	<۰/۰۰۱
زمان (ثانیه)	۹۶۰/۰۸۳ ± ۱۴۰/۶۹۹	۹۲۳/۲۰۸ ± ۱۱۴/۳۸۷	۰/۷۵۹	۰/۰۰۴
تعداد دوی شاتل	۷۹/۵۸ ± ۱۰/۴۲۳	۷۸/۰۰± ۹/۱۴۵	۰/۸۳۵	۰/۰۰۱

TCAR: Carminatti test, NS: Number Shuttle Run

نیز با اندازه‌ی خطای تصادفی دستگاه سنجش‌گر ارتباط پیدا می‌کند؛ به‌عبارتی با افزایش حجم نمونه‌ی مطالعه‌شده، روایی ابزار یا معادله‌ی طراحی‌شده بیش تر می‌شود که احتمال خطای تصادفی را کاهش می دهد (۱۴). کاهش خطای اندازه‌گیری به‌همراه افزایش روایی آزمون، می‌تواند درستی سنجش پایایی ابزار یا آزمون عملی مدّنظر را ارتقاء دهد. بنابراین پایایی، شرط لازم برای روایی ابزار یا هر آزمون ورزشی خاص است (۱۵). به بیان دیگر، چنانچه آزمون ورزشی یا طراحی و کارکرد دستگاه جدید، پایا نباشد، آن ابزار یا ترازوی سنجش نمی‌تواند مقدار واقعی متغیر هدف را آشکار کند. از این‌رو برای آنکه ابزار یا آزمون هدف، معتبر و روا باشد، لزوماً باید پایا باشد (۱۶). بنابراین، برای مطالعه‌ی پایایی کارایی دستگاه جدید یا طراحی آزمون‌های میدانی از تحلیل همبستگی نتایج آزمون– بازآزمون در شرایط همگون استفاده می‌شود. البته با این پیش‌فرض که متغیرها یا خصیصه‌های کمی مطالعه‌شده در طول دوره‌ی زمانی، دست‌خوش دگرگونی نمی‌شوند.

در مطالعه‌ی ما نیز بررسی ثبات سنجش دستگاه بومی الکترونیک EPIF در ارزیابی استقامت ورزشی مردان جوان فوتسالیست نشان داد که متغیرهای عملکردی منتخب در هر دو آزمون میدانی که شاخص‌های استقامت ورزشی یا کارایی دستگاه قلبی عروقی فوتسالیست‌ها را نشان می‌دهد، درجه‌ی پایایی بالا دارند (۰/۹۳۹ - ۰/۹۱۲ = ICC).

فوتسال، ورزش متناوب با شدت بالاست که طی یک دوره‌ی زمانی طولانی همراه با برخورداری از ظرفیت هوازی برتر از آستانه‌ی لاکتات، برای موفقیت ورزشکار، اجرا می‌شود. از این‌رو، ارزیابی این توانایی عملکردی فوتسالیست‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد (۸). شواهد علمی آشکار می‌کند که اجرای ورزش فوتسال، نیازمند برخورداری بازیکن از سطوح بالای آمادگی قلبی‌تنفسی (VO_{2max})، تاکتیک و تکنیک است (۱۷). از طرف دیگر، با ملاحظه‌ی اصل اختصاصی برنامه‌ی تمرین در این رشته‌ی ورزشی، اجرای الگوهای حرکتی سریع و پرشتاب در ورزش فوتسال نسبتاً متفاوت از دیگر رشته‌های ورزشی مانند فوتبال است (۱۸) که احتمالاً هر دو مسیر تأمین انرژی هوازی و بی‌هوازی (شست درصد بی‌هوازی و چهل درصد هوازی) از مسیر مصرف سوبستراهای کربوهیدرات و چربی‌ها، مشارکت دارند (۱۹). از سوی دیگر، تغییرات چشم‌گیر تواتر ضربان قلب هنگام ورزش فوتسال به‌منزله‌ی شاخصی از سطح شدت کار، بازتابی از تغییرات سطح اکسیژن مصرفی درون عضلات اسکلتی فعال است (۳)؛ زیرا افزایش شدت کار متناسب با افزایش هزینه‌ی اکسیژن درون‌سلولی و ضربان قلبِ فعالیت، هنگام اجرای ورزش فزاینده رخ می‌دهد. در این زمینه، مطالعات جلیلی و همکاران (۲۰۲۰)، آلماخایتا و همکاران (۲۰۱۹)، ناظم و همکارن (۲۰۱۷) در مطالعه‌ی همبستگی آزمون‌های میدانی با آزمایشگاهی، از ارتباط میان متغیر فیزیولوژیکی ضربان قلب بیشینه‌ی فرد (HR_{max}) با هزینه‌ی اکسیژن با شدت کار معین در آزمون‌های ورزشی حکایت دارد (۲۰-۲۲). در این زمینه، یافته های مطالعه‌ی ما نشان می‌دهد که متغیر (THR) نسبت‌به دیگر شاخص‌های منتخب عملکردی هنگام آزمون FIET ارتباط بیشتری با ظرفیت هوازی به روش معیار دارد. شواهد علمی نیز نشان داده است که بازیکنان فوتسال به‌طور متناوب، دقایقی از بازی را در بالاتر از آستانه‌ی لاکتات فعالیت می‌کنند؛ به‌طوری‌که تواتر ضربان قلب فعالیت ورزشکار پیوسته روبه‌افزایش است. در این راستا کنگ و همکاران (۲۰۲۲) میانگین پاسخ‌های فیزیولوژیک را در شدت کار ۹۱ درصد HR_{max} و ۸۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی را گزارش کرده‌اند (۲۳)؛ اما درباره‌ی شاخص‌های عملکردی هنگام آزمون TCAR در فوتسالیست‌های جوان، نیاز به مطالعات بیشتر است. دلیل

تطابق‌نداشتن نتایج این مطالعه با سایر مطالعات در این زمینه، احتمالاً سن آزمودنی‌ها، شرایط جغرافیایی، تغذیه و وضعیت آمادگی جسمانی آن‌ها بوده است.

همچنین مطالعه‌ی ما نشان داد که نمایه‌ی دلتای ضربان قلب (تفاضل ضربان قلب نهایی در پروتکل FIET از ضربان قلب استراحت) پیش‌گوی مناسب برای برآورد متغیر ظرفیت هوازی مردان جوان فوتسالیست به‌شمار می‌آید؛ به‌طوری‌که اندازه‌ی ضریب تعیین (R^2= ۰/۵۱۲) احتمالاً می‌تواند سطح ظرفیت استقامت ورزشی بازیکن فوتسال را در دامنه ی میانه، برآورد کند. از سوی دیگر، در مدل رگرسیون چندمتغیری، همبستگی معناداری میان ظرفیت هوازی و ترکیب متغیرهای عملکردی منتخب هر دو آزمون میدانی، مشاهده نشد (P>۰/۰۵). با این حال، در مطالعه‌ی ناظم و همکاران (۱۳۹۷)، طراحی معادله‌ی پیش‌گوی خطی در ۳۴۹ پسربچه سالم هنگام اجرای آزمون شش دقیقه راه رفتن، نشان داد که آن آزمون میدانی از پایایی مقبولی دارد (۲۴).

نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد که کارایی عملکرد دستگاه طراحی شده EPIF برای سنجش شاخص‌های استقامت فوتسالیست‌های جوان هنگام اجرای پروتکل‌های میدانی FIET و TCAR، ثبات و دقت لازم را در اندازه‌گیری متغیرهای منتخب عملکرد استقامت ورزشی بازیکنان فوتسال، دارد. به‌علاوه، ازآنجاکه نمونه‌ی مشابه خارجی این دستگاه در داخل کشور یافت نشد، کاربرد این دستگاه الکترونیک بومی را می‌توان به مربیان فوتسال در سطوح باشگاهی و ملی به‌منظور ارزیابی استقامت ورزشی فوتسالیست‌ها توصیه کرد.

تضاد منافع

هیچ گونه تعارض منافع از سوی نویسندگان بیان نشده است.

منابع

1. Castillo M, Martínez-Sanz JM, Penichet-Tomás A, Sellés S, González-Rodriguez E, Hurtado-Sánchez JA, Sospedra I. Relationship between Body Composition and Performance Profile Characteristics in Female Futsal Players. Applied Sciences. 2022; 12(22): 11492.

2. Castagna C, D'Ottavio S, Vera JG, Álvarez JC. Match demands of professional Futsal: a case study. Journal of Science and medicine in Sport. 2009; 12(4): 490-4.

3. Bradley PS, Mohr M, Bendiksen M, Randers MB, Flindt M, Barnes C, Hood P, Gomez A, Andersen JL, Di Mascio M, Bangsbo J. Sub-maximal and maximal Yo–Yo intermittent endurance test level 2: heart rate response, reproducibility and application to elite soccer. European journal of applied physiology. 2011; 111(6): 969-78.

4. Lixin C, Bo G. Method of Fitness Measurement of Soccer Player in China-Investigation of YOYO-Test. JOURNAL OF HUBEI SPORTS SCIENCE. 2007; 26(3): 358.

5. Bruce RA. Methods of exercise testing: step test, bicycle, treadmill, isometrics. The American journal of cardiology. 1974; 33(6): 715-20.

6. Mohr M, Krustrup P, Bangsbo J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. Journal of sports sciences. 2003; 21(7): 519-28.

7. 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.

8. Spyrou K, Freitas TT, Marín-Cascales E, Alcaraz PE. Physical and physiological match-play demands and player characteristics in futsal: a systematic review. Frontiers in psychology. 2020: 2870.

9. Burtscher J, Strasser B, Burtscher M, Millet GP. The Impact of Training on the Loss of Cardiorespiratory Fitness in Aging Masters Endurance Athletes. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022; 19(17): 11050.

10. Liu NY, Plowman SA, Looney MA. The reliability and validity of the 20-meter shuttle test in American students 12 to 15 years old. Research quarterly for exercise and sport. 1992; 63(4): 360-5.

11. Barbero-Alvarez JC, Miladi I, Ahmaidi S. Relationship between a new futsal intermittent endurance test (FIET) and repeated-sprint ability in professional futsal players. In11th Annual Congress of the European College of Sport Science. Hoppeler RTH, Tsolakidis E, Gfeller L, and Klossner S, ed. Lausanne, Switzerland: ECSS 2006. p. 537.

12. Ouertatani Z, Selmi O, Marsigliante S, Aydi B, Hammami N, Muscella A. Comparison of the Physical, Physiological, and Psychological Responses of the High-Intensity Interval (HIIT) and Small-Sided Games (SSG) Training Programs in Young Elite Soccer Players. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022; 19(21): 13807.

13. Da Silva JF, Guglielmo LG, Carminatti LJ, De Oliveira FR, Dittrich N, Paton CD. Validity and reliability of a new field test (Carminatti's test) for soccer players compared with laboratory-based measures. Journal of Sports Sciences. 2011; 29(15): 1621-8.

14. Tabachnick BG, Fidell LS. Multiple regression. In: Tabachnick BG, Fidell LS, editors. Using multivariate statistics. Boston: Allyn and Bacon; 2001. p. 71.

15. Mohammadbeigi A, Mohammadsalehi N, Aligol M. Validity and reliability of the instruments and types of measurments in health applied researches. Journal of rafsanjan university of medical sciences. 2015; 13(12): 1153-70.

16. Lang WS, Wilkerson JR. Accuracy vs. validity, consistency vs. reliability, and fairness vs. absence of bias: A call for quality. Online Submission. 2008.

17. Bradley PS, Mohr M, Bendiksen M, Randers MB, Flindt M, Barnes C, Hood P, Gomez A, Andersen JL, Di Mascio M, Bangsbo J. Sub-maximal and maximal Yo–Yo intermittent endurance test level 2: heart rate response, reproducibility and application to elite soccer. European journal of applied physiology. 2011; 111(6): 969-78.

18. Castagna C, Belardinelli R, Impellizzeri FM, Abt GA, Coutts AJ, D'Ottavio S. Cardiovascular responses during recreational 5-a-side indoor-soccer. Journal of Science and Medicine in Sport. 2007; 10(2): 89-95.

19. Ribeiro BL, Galvão-Coelho NL, Almeida RN, dos Santos Lima GZ, de Sousa Fortes L, Mortatti AL. Analysis of stress tolerance, competitive-anxiety, heart rate variability and salivary cortisol during successive matches in

male futsal players. BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation. 2022; 14(1): 1-8.

20. Jalili M. Design and Validation of Non-Exercise Equations for Estimation of Aerobic Capacity in Iranian Boys. Iranian Journal of Ergonomics. 2020; 8(2): 50-60.

21. Almakhaita MM, Al Asoom LI, Rafique N, Latif R, Alduhishy AM. Validity of maximal oxygen consumption prediction equations in young Saudi females. Saudi Medical Journal. 2019; 40(8): 789.

22. Nazem F, saki H, jalili M. Validation of Francis Step Protocol by Respiratory Gases Analyses and Design Native Equation to Estimate Aerobic Capacity in Iranian Boys.

23. Kang J, Ye Z, Yin X, Zhou C, Gong B. Effects of Concurrent Strength and HIIT-Based Endurance Training on Physical Fitness in Trained Team Sports Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022; 19(22): 14800.

24. Jalili M, Nazem F, Sazvar A, Ranjbar K. Prediction of maximal oxygen uptake by six-minute walk test and body mass index in healthy boys. The Journal of pediatrics. 2018; 200: 155-9.

Cite this article as:
Asadollahi H, Nazem F, Sadeghi A, Saki H. Design, Construction, and Reliability of a Native Electronic Device (EPIF) to Measure the Young Futsalists' Endurance Performance. Sadra Med Sci J 2023; 11(2): 139-150.