تحلیل زمان رسیدن به خستگی بازیکنان فوتبال مبتنی بر شیب تغییرات ضربان قلب و تغییرات لاکتات خون در آزمون فزاینده تدریجی

اصغر جلالی ✉[۱]، مهدی عباسپور[۲]، فاطمه احمدی [۳]

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی، دانشگاه پیام نور همدان
۲. استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه کردستان
۳. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی، دانشگاه پیام نور همدان

تاریخ دریافت مقاله:۹۳/۱۱/۱۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۰۷/۱۹

چکیده

هدف: پژوهش حاضر به منظور بررسی تحلیل زمان رسیدن به خستگی بازیکنان فوتبال مبتنی بر شیب تغییرات ضربان قلب و تغییرات لاکتات خون در آزمون فزاینده تدریجی انجام گرفت. **روش‌شناسی**: ۲۰ بازیکن تیم فوتبال با میانگین سنی ۱/۵۸±۱۹ سال، قد ۶/۲۶± ۱۷۹ سانتی متر و وزن ۸/۶۴±۶۶ کیلوگرم که در لیگ دسته اول باشگاههای کشور حضور داشتند شرکت کنندگان این طرح پژوهشی بودند. زمان رسیدن به خستگی و تغییرات لاکتات در طول آزمون فزاینده رمپ اندازه‌گیری شد. ضربان قلب آزمودنی‌ها در تمام مراحل گرم کردن، اجرای پروتکل رمپ و سرد کردن به وسیله ضربان سنج پلار اندازه‌گیری و ثبت شد و ضربان قلب آستانه و شیب تغییرات با استفاده از نرم افزار Mathematica و روش D-max برای تک تک آزمودنیها محاسبه گردید. با اجرای آزمون کلموگروف اسمیرنف و پس از اطمینان از مهیا بودن شرایط کاربرد آزمون آماری پارامتری، ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرهای تحقیق محاسبه گردید. کلیه مراحل آماری داده‌های تحقیق با استفاده از نرم افزار آماری SPSS و در سطح معنی‌داری ۰،۰۵ انجام شد. **یافته‌ها**: بر اساس نتایج تحقیق همبستگی بین شیب تغییرات ضربان قلب با لاکتات خون ۰/۷۶- =r و با زمان رسیدن به خستگی ۰/۶۷- =r بود. **بحث و نتیجه‌گیری**: در مجموع یافته‌های پژوهش نشان داد، به علت روش دقیق ریاضی به کار گرفته شده در محاسبه و رسم شیب ضربان قلب به مربیان و ورزشکاران توصیه می‌شود از این شیب تغییرات ضربان قلب برای سنجش آمادگی ورزشکاران استفاده شود.

کلید واژه‌ها: ضربان قلب، خستگی، لاکتات خون، D-max

The Analysis of time to exhaustion in soccer players based on the slop of heart rate change and blood lactate changes in a gradually incremental test

Abstract

Aim: The purpose of this study was to evaluate time to exhaustion analysis in soccer players based on their heart rate changes slope and blood lactate changes in a gradually increasing test. **Methodology:** the participants in this research project were 20 soccer players of the first division club with an average age of 19 ±1.58 yr, 179 ±6.26 height cm and 66±8.64 kg weight. Time to exhaustion and blood lactate changes were measured during the incremental ramp test. Likewise during the steps of heating, running ramp protocol and cooling the Subjects Heart rate First Division clubs in the country were the participants in this research project. Laboratory tests increased time to exhaustion, lactate changes during the ramp incremental test were measured. Heart rate at all stages of heating, and cooling ramp protocol run by a Polar heart rate meter and recorded Measurement Was and heart rate threshold and slope changes using Mathematical software and D-max method for individual subjects were calculated. Running The Kolmogorov Smirnov test and ensuring the availability of the application of parametric statistical test, Pearson correlation coefficients were calculated between the variables. All statistical procedures using SPSS software and survey data at a significance level of 0.05 was used. **Results:** based on results of research the correlation heart rate changes slop were r= - 0.76 with blood lactate and r = - 0.67 with the time to exhaustion. **Conclusions:** The Research findings showed that, Because of using accurate mathematical methods in Calculating and plotting the Heart rate changes slope, utilizing such heart rate changes slope to measure the fitness of athletes by coaches and athletes is recommended.

Keywords: Heart Rate, Fatigue, blood lactate, D-Max

✉ **نویسنده مسئول:** اصغر جلالی تلفن: ۰۹۳۶۹۳۹۶۵۱۵
پست الکترونیکی: asgharjalali770@yahoo.com

مقدمه

با توجه به نوسان شدت فعالیت در فوتبال، عملکرد در این رشته ورزشی ساختاری است مبتنی بر چندین سازه متفاوت (توان هوازی و بی‌هوازی، سرعت، توان، چابکی و ...) که تعامل این سازه‌ها با یکدیگر در سطح بازیکن و تیم، بر عملکرد کلی تاثیر دارد (۲). اکثر بازیکنان طی یک مسابقه فوتبال (۹۰ دقیقه) معمولا مسافتی بین ۱۲-۱۰ کیلومتر را در شدت نزدیک به آستانه بی‌هوازی (۹۰-۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب و یا ۸۰-۷۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی) می‌دوند. بنابراین، برآورد شده است که در جریان یک مسابقه فوتبال (تقریبا ۹۰ دقیقه) متابولیسم هوازی ۹۰ درصد از هزینه انرژی یک فوتبالیست را تامین می‌کند (۱۴، ۱۵). بنابراین در کنار توان هوازی، توان بی‌هوازی نیز در عملکرد بازیکنان فوتبال تاثیرگذار است. در علم تربیت بدنی و پزشکی، پروتکل‌های مختلفی برای تعیین سطح آمادگی افراد معرفی شده است. در طول اجرای فعالیت های ورزشی، نقطهٔ عبور از متابولیسم هوازی به بی هوازی، برای تعیین سطح مناسب شدت فعالیت های ورزشی استفاده می‌شود از این رو، نقطهٔ شکست ضربان قلب برای ارزیابی و برنامه ریزی تعیین شدت تمرینات هوازی استفاده می‌شود. و در تحقیق حاضر علاوه بر نقطه شکست ضربان قلب شیب تغییرات ضربان قلب نیز مورد استفاده قرار گرفت و نتایج آن در مقایسه با ضربان قلب آستانه و عملکرد هوازی و تغییرات لاکتات مورد بررسی قرار گرفت.

با توجه به تعدد مراحل شدید فعالیت در یک مسابقه فوتبال و به دنبال آن کاهش عملکرد بازیکنان خصوصا در انتهای مسابقه، شناسایی شاخص‌های زمان رسیدن به خستگی و عوامل موثر بر آن از اهمیت خاصی برخوردار است. در راستای شناخت شاخص‌های رسیدن به خستگی و موثر بر توان بی‌هوازی تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که تغییرات لاکتات خون حین فعالیت از پرکاربردترین شاخص‌ها و ضربان قلب یکی از سهل‌الوصول‌ترین شاخص‌ها برای مربیان و ورزشکاران در این زمینه است. با توجه به تنوع آزمونهای فزاینده[1] در مقایسه با آزمونهای فزاینده پله‌ای (GXT) آزمونهای فزاینده تدریجی (Ramp) به علت حذف اثر پلکانی و سهولت تفسیر نتایج نسبت به آزمونهای GXT ارجحیت دارند (۵). با توجه به مطالب فوق برای محاسبه شاخصهای تغییرات لاکتات و ضربان قلب آستانه بازیکنان فوتبال تحقیق حاضر با استفاده از پروتکل فزاینده تدریجی رمپ انجام شد.

روش‌شناسی پژوهش

جامعه آماری این پژوهش را بازیکنان فوتبال استان کردستان تشکیل می‌دادند که پس از شناسایی ۲۰ بازیکن فوتبال (با میانگین سنی ۱/۵۸±۱۹ سال، قد ۶/۲۶± ۱۷۹ سانتی متر و وزن ۸/۶۴±۶۶ کیلوگرم) که حداقل ۵ سال سابقه تمرین منظم و همچنین سابقه شرکت در لیگ دسته اول باشگاه‌های کشور را داشتند، به صورت هدفمند برای شرکت در این پژوهش انتخاب شدند. قبل از شروع پروتکل تمرینی، در یک جلسه توجیهی، کلیه‌ی برنامه‌ها، مراحل خونگیری، نحوه اجرای تمرینات و خطرات احتمالی برای آزمودنی‌ها توضیح داده شد که پس از اطلاع از محتوای آزمونها و امضای رضایت نامه کتبی در این تحقیق شرکت نمودند. از دستگاه نوار گردان مدل تکنوجیم ساخت کشور ایتالیا برای اجرای پروتکل فزاینده استفاده شد. پروتکل فزاینده از نوع رمپ بوده که در آن شیب دستگاه از ابتدا تا پایان آزمون ۱٪ بود. پس از ۵ دقیقه پیاده‌روی با سرعت ۵ کیلومتر بر ساعت سپس در هر ثانیه ۰,۱ کیلومتر بر سرعت دستگاه افزوده شد و این افزایش سرعت تا جایی بود که آزمودنی دیگر قادر به ادامه فعالیت نبود و در ادامه با کاهش سرعت نوار گردان به ۵ کیلومتر بر ساعت آزمودنی ۵ دقیقه بازگشت به حالت اولیه فعال و ۵ دقیقه استراحت مطلق انجام می‌داد و بعد آزمون پایان می‌یافت. ضربان قلب آزمودنی در تمام مراحل گرم کردن، اجرای پروتکل رمپ و سرد کردن به وسیله ضربان سنج پلار ساخت کشور فنلاند اندازه‌گیری و ثبت شد و مطابق تصویر شماره ۱ ضربان قلب آستانه و شیب تغییرات با استفاده از نرم افزار Mathematica و روش D-max برای تک تک آزمودنیها محاسبه گردید و تمامی آزمودنی‌ها در نمودار مربوط HRDP را نشان دادند (۱۳). همچنین ۵ سی‌سی خون از ورید بازویی شرکت کنندگان قبل از گرم کردن و در ابتدای مرحله بازگشت به حالت اولیه جهت اندازه‌گیری تغییرات لاکتات خون از ابتدا تا پایان آزمون اخذ و جهت اندازه‌گیری لاکتات خون به آزمایشگاه ارسال گردید. با اجرای آزمون کلموگروف اسمیرنف و پس از اطمینان از مهیا بودن شرایط کاربرد آزمون آماری پارامتری، ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرهای تحقیق محاسبه گردید. کلیه مراحل آماری داده‌های تحقیق با استفاده از نرم افزار آماری SPSS و در سطح معنی‌داری ۰,۰۵ انجام شد.

نرم افزار استفاده شده بهترین نمودار درجه دو ممکن را جهت انطباق بر داده‌های پیشنهاد می‌کند، برای به دست آوردن خطای معادله پیش نهاد شده، انحراف میانگین در راستای محور عمودی ($\overline{\Delta y}$) برای n نقطه با مختصات (x_i, y_i) و معادله درجه دو پیشنهادی $y = f(x)$ از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$\overline{\Delta y} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|f(x_i) - y_i|$$

و همچنین انحراف میانگین در راستای محورافقی($\overline{\Delta x}$) برای nنقطه با مختصات (x_i, y_i) و معکوس معادله درجه دو پیشنهادی $x = g(y)$ از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$\overline{\Delta x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|g(y_i) - x_i|$$

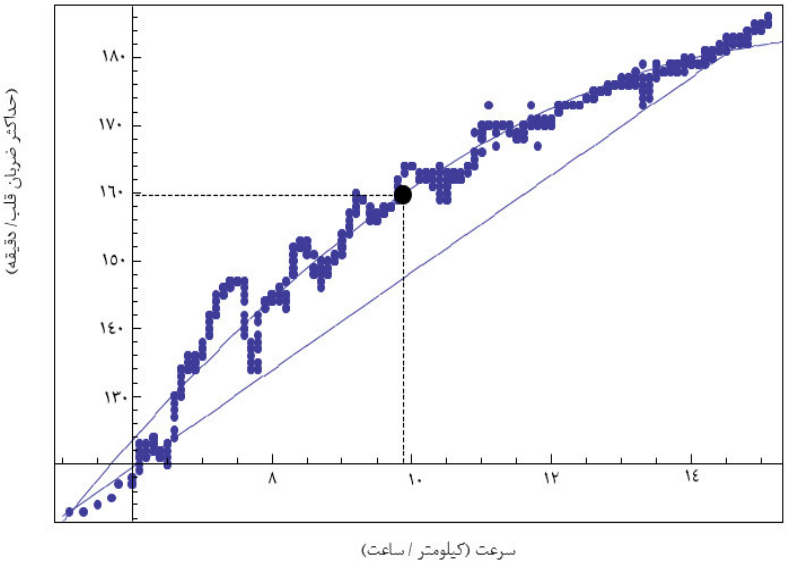
مقدار این خطا برای نمودار زیر با استفاده از رابطه‌های محاسبه خطای بالا مقدار $\Delta y = 1.92$ heat/min (ضربان در دقیقه) و $\Delta x = 1.61$ km/h (کیلومتر بر ساعت) به دست می‌آید.

برای محاسبه‌ی خطای هر نقطه از نمودار فاصله‌ی آن نقطه از منحنی پیشنهاد شده (به عنوان مفصر رویداد) را محاسبه می‌کنیم، قدر مطلق این فاصله‌ها را برای تمام نقاط محاسبه و با هم جمع می‌کنیم و در نهایت برای محاسبه خطای میانگین این مجموع را تقسیم بر تعداد نقاط خواهیم نمود.

تابع مفصر پیشنهاد شده همان $f(x)$است و معکوس این تابع نیز $g(y)$

یافته‌ها

بر اساس نتایج تحقیق و در سطح معنی‌داری ۰،۰۵ همبستگی بین شیب تغییرات ضربان قلب با لاکتات خون r= -۰/۷۶ و با زمان رسیدن به خستگی r= -۰/۶۷ بود. خلاصهٔ ویژگی‌های فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.



تصویر۱. نمای شماتیک نحوه محاسبه ضربان قلب آستانه یکی از آزمودنی‌ها، نقطه مشخص شده روی منحنی تغییرات ضربان قلب، حداکثر فاصله (Dmax) از خط مستقیم بین حداقل و حداکثر ضربان قلب را داشته و نشان‌دهنده ضربان قلب آستانه است.

جدول ۱: شاخص‌های فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده در تحقیق (N=20)

میزان / متغیر	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف استاندارد
زمان رسیدن به خستگی (دقیقه)	۱۷/۰۳	۲۵/۱۶	۲۰/۱۵	۲/۴۶
لاکتات استراحت (میلی مول)	۲/۶۶	۶/۷۷	۴/۴۱	۱/۰۹
لاکتات پایانی (میلی مول)	۹/۰۴	۱۵/۴۲	۱۲/۲۵	۱/۸۱
تغییرات لاکتات (میلی مول)	۳/۶۶	۱۲/۲۱	۷/۸۶	۱/۹۴
شیب ضربان قلب (سرعت)	۵/۲۵	۱۰/۲۴	۸/۰۹	۱/۲۶
ضربان قلب آستانه (دقیقه/ضربان)	۱۴۶	۱۸۲	۱۶۴/۰۰	۹/۸۶
سرعت آستانه (ساعت/کیلومتر)	۸/۸	۱۲/۳	۱۰/۵۶	۰/۹۵
ضربان قلب آغاز تست (دقیقه/ضربان)	۶۹	۱۲۶	۱۰۰/۶۵	۱۵/۱۳
ضربان قلب بیشینه (دقیقه/ضربان)	۱۶۶	۲۰۶	۱۹۱/۸۷	۸/۷۹

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان دهنده رابطه معنی‌دار بین شیب تغییرات ضربان قلب با زمان رسیدن به خستگی و لاکتات خون بازیکنان فوتبال بود، به صورتی که هر اندازه ورزشکاران آمادگی جسمانی بیشتری داشتند شیب تغییرات ضربان قلب کمتر مشاهده میشد. لاکتات مشاهده شده شرکت کنندگان طرح حاضر(۱,۸۱±۱۲,۲۵) با ماکزیمم لاکتات مشاهده شده در شرایط یک مسابقه فوتبال واقعی (۱۲ تا ۱۴میلی مول) (۳) نیز قابل تامل است که بیانگر ضرورت انجام آزمون‌های میدانی در کنار آزمون‌های آزمایشگاهی به منظور تشریح دلایل این گونه تفاوت‌ها می‌باشد. روش D-Max در برآورد آستانه بی‌هوازی با استفاده از نقطه شکست ضربان قلب در پروتکل‌های مورد استفاده، روش دقیق و مناسبی است؛ زیرا شیب تحت تاثیر تمام نقاط است اما آستانه فقط یک نقطه را نشان می‌دهد نقطه‌ی تعیین شده با استفاده ضربان قلب آستانه و شیب تغییرات با استفاده از نرم افزار Mathematica و روش D-max برای تک تک آزمودنیها محاسبه گردید، نقطه شکست ضربان قلب با اکثر تحقیقات هم‌خوانی دارد (۱۷،۱،۱۸،۱۶). به نظر می‌رسد از عوامل اثر گذار بر شیب منحنی تغییرات ضربان قلب مکانیزم‌ها و عوامل فیزیولوژیکی از جمله فعالیت درون داد عضله قلب و سیستم‌های عصبی باشد. بر اساس دادهای حاصل از پژوهش حاضر می‌توان گفت که با توجه وقوع نقطه شکست ضربان قلب در کلیه‌ی آزمودنی‌ها، شدت فعالیت، فشار قابل توجهی به آزمودنی‌ها رخ داده است که این امر را می‌توان با توجه به ورزشکار بودن آزمودنی‌ها توجیه کرد چون در برخی از تحقیقات گذشته که آزمودنی‌ها غیر ورزشکار بوده‌اند نقطه شکست ضربان قلب مشاهده نشده است چرا که ممکن است غیر ورزشکاران تلاش کمتری را برای رسیدن به سر حد واماندگی انجام دهند و کمی تلاش آزمودنی‌ها می‌تواند مشاهده نقطه شکست ضربان قلب را تحت تاثیر قرار دهد (۱۰) . همچنین سن آزمودنی‌ها نیز به عنوان عامل بالقوه موثر در بروز تفاوتهای موجود در منحنی تغییرات ضربان قلب است است اگر چه آزمون‌های فزاینده، آزمون متداول مرسوم آزمایشگاههای فیزیولوژی ورزشی محسوب می‌شوند اما با توجه به تاثیری که تنوع این آزمون‌ها بر شاخص‌های فیزیولوژیک بیشینه و زیر بیشینه دارد (۵) بایستی تفسیر نتایج با توجه به نوع آزمون صورت گیرد. بنابراین در تفسیر نتایج تحقیق، نوع آزمون فزاینده اجرا شده نیز باید مد نظر قرار گیرد. با توجه به اهمیت تعیین ضربان قلب آستانه و به علت روش دقیق ریاضی به کار گرفته شده در محاسبه آن در مطالعه حاضر و همچنین رسم شیب تغییرات ضربان قلب به روش مزبور، به مربیان و ورزشکاران توصیه می‌شود علاوه بر ضربان قلب آستانه از شیب تغییرات ضربان قلب نیز برای سنجش آمادگی ورزشکاران استفاده نمایند.

تشکر و قدرانی

از زحمات دکتر مهدی عباسپور معاون آموزشی دانشگاه کردستان و کلیه آزمودنی‌های حاضر در این پژوهش که ما را در انجام این مطالعه یاری رساندند، کمال تقدیر و تشکر را دارم.

پی‌نوشت‌ها

1. Incremental Test

منابع

۱. قراخانلو، رضا. (۱۳۸۶). اعتبار آزمون‌های کانکانی قدیم و جدید در برآورد آستانه بی هوازی مردان فعال، فصلنامه المپیک، سال پانزدهم، ش ۱۵، ص ۷۳-۸۳.

2. Abdullah F, Alghannam. (2012). Metabolic limitations of performance and fatigue in football. Asian journal of Sports Medicine, Vole 3 (N 2), June 2012, 65-73.
3. Angius L et al. (2012). Aerobic and anaerobic capacity of adult and young professional soccer players. Sport Sci Health; 8: 95-100.
4. Bently DJ, Mcnaughton lr, Thompson d, Vleck ve, Batterham am. (2001). Peak power output, the lactate threshold, and time trial performance in cyclists. Med Sci Sports Exerc. 33(12):2077.
5. Bently DJ, Newell J, and Bishop D. (2007). Incremental Exercise Test Design and Analysis Implications for Performance Diagnostics in Endurance Athletes. Sports Med, 37(7), 575-586.
6. Bodner, M.E., Rhodes, E.C., Martin, A.D., Coutts, K.D. (2002). The relationship of the heart rate deflection point to the ventilatory threshold in trained cyclists. J Strength Condition Res, 16: 573-580.
7. Cheng b, Kuipers H , Snyder AC, et al., (1992). A new Approach for the detemination of ventilator,and lactate thresholds. Int J Sport Med. 13 (7) : 518-22
8. Fell JW. The modified D-max is a valid lactate threshold measurement in veteran cyclists. J Sci Med Sport. 2008; 11(5):460-463.
9. Hofmann, P., von Duvillard, P. S., Siebert, F. J., Pokan, R., Wonisch, M., Lemura, M. L., Schwaberger, G. (2001). %HR max target heart

rate is dependent on heart rate performance curve deflection. Med Science Sports Exe, 33: 1726-1731.

10- Ignjatovic, A., Hofmann, P., Radovanovic, D. (2008). Non-invasive determination of the anaerobic threshold based on Heart rate deflection point. Phy Edu Sport, 6:1-10.

11. James, W.F. (2008). The modified D-max is a valid lactate threshold measurement in veteran cyclists. J Science Med Sports, 11: 460-463.

12. Kara M, Gokbel H, Bediz C. (1996). Determination of the heart rate deflection point by the Dmax method. J Sports Med Phy fitness.; 36: 31-4.

13. Mathematica A, In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Bearbeitungsstand. April (2008). UTC. URL.

14. Mcmillan K, Helgerud J, Macdonald R, Hoff J. (2005). Physiological Adaptations to Soccer Specific Endurance Training In Professional Youth Soccer Players. Br J Sports Med, 39, 273–277.

15. Mosey, T. (2009). High Intensity Interval Training in Youth Soccer Players – Using Fitness Testing Results Practically. Journal Of Australian Strength And Conditioning, 17(4), 49-51.

16. Nourzad DH, Siahkuhian M. (2003). Analysis and comparison of different methods in determining anaerobic threshold. Harakat.; 20:35-53. Full text in Persian

17. Pokan, R., Hofmann, P., von Duvillard, S. P., Smekal, G., Högler, R., Tschan, H., Baron, R., Schmid, P., Bachl, N. (1999). The heart rate turn point reliability and methodological aspects. Med Sci Sports Exerc. 31: 903-907.

18. Siahkouhian M, et al. (2012). A new approach for the determination of anaerobic threshold: methodological survey on the modified Dmax method. Journal of Human sport & Exercise vol 7: 287- 295.

19. Siahkouhian, M. (2007). A new mathematical model for determination of heart rate deflection point. Int J Fitness Med, 3: 11-16.