

بررسی همگرایی آزمون دویدن درمانده ساز کوتاه شده (T_{short}) با فلات بیشینه اسید لاکتیک (MLSS) در تعیین نقطه شکست ضربان قلب (HRDP)

معرفت سیاه کوهیان[✉]، صمد اسمعیل زاده^۲

۱. استاد تمام فیزیولوژی ورزشی دانشگاه محقق اردبیلی

۲. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی دانشگاه محقق اردبیلی

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۱/۲۳

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۱۲/۱۷

چکیده

هدف: تعیین نقطه شکست ضربان قلب (HRDP) برای برنامه ریزی و تجویز شدت مطلوب تمرین از اهمیت زیادی برخوردار است. اخیراً سنتیجا و همکارانش آزمون درمانده ساز جدیدی (T_{short}) را برای تعیین HRDP اعتبار یابی و معرفی نموده‌اند. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی همگرایی HRDP تعیین شده در آزمون T_{short} با مدل فلات بیشینه لاکتات (MLSS) به اجرا درآمد. روش شناسی: ۱۱ مرد جوان کشتی گیر به عنوان آزمودنی انتخاب و MLSS آنها با استفاده از آزمون‌های مکرر با بار کاری ثابت به روی نوارگردان تعیین شد. داده‌های ضربان قلب در طول آزمون T_{short} [افزایش سرعت 1km/h در هر ۳۰ ثانیه] با استفاده از تله متری بدست آمد. HRDP با استفاده از مدل $S.D_{max}$ تعیین شد. برای تعیین همگرایی از نرم افزار MedCalc و مدل گرافیکی بلاند آلتمن و روش آماری Intraclass Correlation Coefficient (ICC) استفاده شد. **نتایج:** نتایج نشان داد که بین HRDP تعیین شده با استفاده از T_{short} و MLSS همگرایی ضعیفی برقرار است. همچنین، بین سرعت در HRDP ($Speed_{HRDP}$) و سرعت در روش مینا ($Speed_{MLSS}$) همگرایی ضعیفی مشاهده شد. **نتیجه گیری:** با توجه به نتایج می‌توان نتیجه‌گیری نمود که T_{short} احتمالاً روش مطمئنی برای جایگزینی با روش مینا (MLSS) نباشد. بنابراین، به نظر می‌رسد استفاده از آزمون T_{short} برای تجویز شدت مطلوب تمرین سؤال برانگیز است.

کلید واژه‌ها: نقطه شکست ضربان قلب (HRDP)، فلات بیشینه لاکتات (MLSS)، آزمون درمانده ساز.

Exploring the Agreement of the Short Running Exhaustive Test (T_{short}) with the Maximal Lactate Steady State (MLSS) in Determination of the Heart Rate Deflection Point (HRDP)

Abstract

Purpose: Determination of the heart rate deflection point (HRDP) is a valuable approach for planning as well as the prescriptions of the training intensity. Recently Sentija et al. have introduced a short running exhaustive test (T_{short}) for determination of HRDP. The present study aimed to examine the agreement of the HRDP determined by the T_{short} with the maximal lactate steady state (MLSS). **Methods:** Eleven young wrestler men underwent on subsequent occasions of a series of constant-velocity treadmill runs to determine MLSS. Heart rate data was obtained during the T_{short} [speed increments of 1 km/h every 30 s] by using telemetry and HRDP was determined by using the $S.D_{max}$ model. Inter-observer reliability was analyzed using Med Calc as well as the Bland-Altman plots and by determination of the Intraclass Correlation Coefficient (ICC). **Results:** The results indicated poor agreement between determined HRDP by the means of the criterion method (HR_{MLSS}) and T_{short} . Furthermore, poor agreement was observed between speed at HRDP ($Speed_{HRDP}$) and speed at the criterion method ($Speed_{MLSS}$). **Conclusion:** According to study results, it can be concluded that T_{short} probably is not safe adequately for replacing with the criterion method (MLSS). Therefore, application of the T_{short} may be questionable for exercise training intensity prescriptions.

Key words: heart rate deflection point (HRDP), Maximal lactate steady state (MLSS), Exhaustive test.

✉ نویسنده مسئول: معرفت سیاه کوهیان تلفن: ۰۹۱۴۴۵۱۱۴۳۵

ایران، اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی

پست الکترونیکی: m_siahkohian@uma.ac.ir, marefat_siahkohian@yahoo.com

مقدمه

شدت تمرین به عنوان یک عامل اساسی برای تجویز تمرین برای افزایش استقامت قلبی-عروقی در افراد سالم و ورزشکار و همچنین بازپروری قلبی-عروقی دارای اهمیت می‌باشد. برای تجویز شدت بهینه و شخصی برای اهداف تمرینی افزایش استقامت قلبی-عروقی محققان آستانه بی‌هوازی را به جای استفاده از روش‌های سنتی همانند درصد ضربان قلب و یا بیشینه اکسیژن مصرفی^۱ (VO_{2max}) معرفی نمودند (۱-۳).

بیشترین بار کاری ثابت که باعث ایجاد یک تعادل در تولید و دفع لاکتات خون بشود را فلات بیشینه لاکتات^۲ (MLSS) می‌نامند. پیشنهاد شده است که این شدت از بار کاری به نام آستانه بی‌هوازی نامیده شود (۴،۳). از این رو، MLSS به عنوان استاندارد طلایی برای تعیین آستانه بی‌هوازی معرفی شده است (۲، ۵، ۶)، چرا که شدتی از بار کاری ثابت است که می‌تواند بدون حضور قابل توجه متابولیسم بی‌هوازی حفظ شود و شدت بالاتر، باعث تولید قابل توجه لاکتات خون می‌شود (۱، ۳، ۵). روش استاندارد در تعیین MLSS، انجام آزمون‌هایی با بار کاری ثابت به مدت دست کم ۳۰ دقیقه و در روزهای متفاوت با شدت‌های مختلف می‌باشد (۳). نشان داده شده که عدم افزایش لاکتات خون بیشتر از یک میلی مول بر لیتر در بین دقایق ۳۰-۱۰ از آزمون قابل قبول‌ترین روش برای تعیین MLSS می‌باشد (۵). با وجود اینکه MLSS استاندارد طلایی برای تعیین آستانه بی‌هوازی می‌باشد، مشکلات تعیین آن، استفاده از آن را برای تجویز شدت بهینه تمرین استقامتی محدود می‌کند. بنابراین، محققان در تلاش بوده‌اند تا مقادیر معادل با شدت MLSS را از طریق اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیولوژیک بدست آمده در حین آزمون‌های غیرتهاجمی بدست آورند.

در این راستا، در سال ۱۹۸۲ کانکانی و همکارانش (۷) آزمون غیرتهاجمی و غیرمستقیمی را برای تعیین آستانه بی‌هوازی معرفی نمودند که این آزمون ۱۲ سال بعد توسط کار گروهی ایشان بازبینی مجدد شد (۸). اساس این آزمون بر اساس تجزیه و تحلیل ارتباط بین سرعت دویدن و داده‌های ضربان قلب بود. ایشان گزارش نمودند که در حین آزمون ورزشی فزاینده پیشرونده یک انحراف در ارتباط خطی بین

سرعت دویدن و ضربان قلب اتفاق می‌افتد که به نام نقطه شکست ضربان قلب^۳ (HRDP) نام گذاری شد (۷-۹). مولفان این آزمون (۷، ۸) توصیه نمودند که اجرای صحیح آزمون برای برآورد صحیح HRDP نیاز به ملاقات چند نکته اساسی دارد: ۱- افزایش شدت ورزشی باید به گونه‌ای باشد که ضربان قلب بیش از ۸ ضربه در دقیقه افزایش نیابد. ۲- گرم کردن قبل از آزمون باید بر اساس شرایط آمادگی جسمانی شخص باشد، به طوری که هر چقدر شخص ورزشکارتر باشد نیاز به گرم کردن بیشتری دارد. ۳- سرعت شروع آزمون نیز بر اساس شرایط جسمانی شخص متغیر می‌باشد.

بدلیل راحتی، همگرایی و غیرتهاجمی بودن آزمون که توسط گروه کاری کانکانی (۷، ۸) گزارش شده بود، این آزمون به طور گسترده‌ای برای تجویز و بررسی شدت تمرین در هر دو افراد سالم و بازپروری قلبی-عروقی مورد استفاده قرار گرفته است (۲، ۹)، در حالی که در میان محققانی که آزمون کانکانی را بررسی نمودند بحث و تناقضاتی پیاخاست. به عنوان نمونه، برخی محققان گزارش نمودند که پدیده HRDP اتفاق نمی‌افتد و این رخداد تنها یک ارتباط خطی بین ضربان قلب و شتاب/توان در حین آزمون ورزشی فزاینده می‌باشد (۱۰)، در حالی که محققان زیادی گزارش نمودند که روش شناسی تعیین HRDP باعث ایجاد چنین نتایج متناقضی شده است (۲، ۱۱، ۱۲) و عدم توافق در خصوص قابلیت دست‌یابی به آستانه لاکتات یا آستانه بی‌هوازی به توسط HRDP ممکن است که به تفاوت در نوع روش شناسی نسبت داده شود (۲، ۹، ۱۲). برای نمونه روش شناسی تعیین HRDP در ابتدا به صورت سنتی و بصری صورت می‌گرفت (۱۰) که بعداً به صورت مدل ریاضی همچون " D_{max} " اصلاح شد (۱۳، ۱۴) و اخیراً این روش نیز بازبینی شده و " $S.D_{max}$ " نامیده شد (۱۲). بنابراین، اغلب مطالعات انجام شده HRDP را بر اساس روش‌های نوین کامپیوتری بدست نیاورده‌اند (۲) و روش شناسی تعیین HRDP به عنوان یک دلیل اصلی ایجاد تناقضات و مشکلات در ادبیات HRDP معرفی شده است (۲، ۹، ۱۲).

محققان زیادی در تلاش بوده‌اند تا آزمون کانکانی را تغییر داده و آن را آسان‌تر و کوتاه‌تر نمایند (۱۵-۱۷) و HRDP بدست آمده را به طور دقیق‌تر بدست آورند (۱۲-۱۴). محققان چنین بحث می‌کنند که با پیروی از اصول توصیه

تمرین در هفته و بدون بیماری متابولیک یا مصرف داروهایی که باعث تأثیر گذاری بر روی اندازه گیری‌های متابولیک مانند ضربان قلب شود (۲۳)، به پژوهش دعوت شدند. تعداد ۱۴ نفر آمادگی خود را برای شرکت در پژوهش حاضر اعلام نمودند. ولی بدلیل اینکه ۳ تن از کشتی گیران تمامی شرایط لازم برای شرکت در پژوهش حاضر را نداشتند، از روند تحقیق کنار گذاشته شدند. تمامی ورزشکاران پس از اطلاع‌رسانی مناسب و تکمیل پرسشنامه آمادگی برای فعالیت بدنی^۷ و فرم رضایت‌نامه آگاهانه اخلاقی وارد مطالعه شدند.

نمونه های پژوهش

تمامی آزمون‌ها در محل آزمایشگاه تربیت بدنی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. در اولین ملاقات، روند مطالعه به ایشان توضیح داده شد و آزمودنی‌ها تحت اندازه گیری‌های آنتروپومتریک قرار گرفته و با نوارگردان و نحوه دویدن بر روی آن آشنا شدند. تمامی آزمون‌های ورزشی در ساعت مشخصی از روز (۹/۳۰ صبح الی ۱/۳۰ بعد از ظهر) و هر آزمون با حداقل دو روز فاصله از همدیگر انجام شد (۲، ۲۳). تمامی آزمودنی‌ها دو روز قبل از انجام آزمون‌های ورزشی از انجام فعالیت بدنی شدید منع شدند و به ایشان سفارش شد که حداقل دو ساعت قبل از آزمون‌های ورزشی از خوردن غذا و نوشیدنی‌های کافئین دار پرهیز نمایند و برعکس از کم آبی اجتناب نمایند (۸، ۲۳، ۲۴). شرایط محیطی، دمای محیط و رطوبت، لباس و کفش در هر دفعه از آزمون‌گیری برای تمام آزمودنی‌ها به طور ثابت در نظر گرفته شد (۱۱). تمامی آزمون‌های ورزشی دویدن بر روی نوارگردان (h/p cosmos, mercury 4.0, Germany) انجام گرفت. پولار هماهنگ شده با این نوارگردان برای اندازه‌گیری ضربان قلب پولار مدل T31 (Polar Electro Oy, Kempele, Finland) بود. بدین منظور برای هر شرکت کننده پولار به سینه وی بسته می‌شد و از طریق انتقال دهنده اطلاعات ضربان قلب به صورت مداوم و ثانیه به ثانیه به کامپیوتر متصل به نوارگردان ارسال می‌شد. جمع‌آوری داده‌های ضربان قلب به صورت ثانیه به ثانیه (≥ 1 HZ) به عنوان روش مناسب می‌باشد که جهت جلوگیری از خطاهای مربوط به ثبت داده‌های ضربان قلب نسبت به زمان با فاصله بیشتر معرفی شده است (۲۵، ۲۶)

شده توسط کانکانی مدت آزمون برای یک ورزشکار ممکن است که به بیشتر از یک ساعت زمان طول بکشد که باعث وقت گیر شدن آزمون شده و برای برخی رشته‌های ورزشی با جزء بیشتر بی‌هوای غیر ویژه بوده (۱۶) و همچنین برای اشخاص با شرایط ویژه مانند کودکان، اشخاص بی‌تحرك و سالمندان، غیرورزشکاران و بیماران مناسب نمی‌باشد (۱۵، ۱۸) و بهتر است که برای جلوگیری از اثرات تنظیم دما^۴ زمان آزمون به ۱۶-۱۲ دقیقه کاهش یابد (۲). اخیراً برخی از محققان در تلاش بوده‌اند که آزمون تغییر یافته دویدن کانکانی را با زمان بسیار کوتاهتر آزمون دویدن کوتاه شده^۵ (T_{short}): افزایش‌های سرعت 1km/h در هر ۳۰ ثانیه جهت تعیین HRDP ارائه نمایند. این محققان آزمون کوتاه شده را در ابتدا به توسط آزمون دویدن استاندارد^۶ (T_{stand}) (افزایش‌های سرعت 1km/h در هر ۶۰ ثانیه) (۱۶) و بعداً به توسط آستانه تهویه ایی همگرایی یابی نموده‌اند (۱۷)، و T_{short} را برای بررسی HRDP معتبر اعلام نموده‌اند (۱۶، ۱۷). در حالی که یافته‌های مطالعات پیشین ارتباط بین آستانه بی‌هوای و آستانه تهویه را کاملاً ضد و نقیض گزارش نموده‌اند (۱۹، ۲۰) و دیگر محققان نیز تأکید کرده‌اند که درجه شکست در HRDP به شدت به نوع آزمون ورزشی وابسته است و تغییر در شتاب، زمان و شیب مراحل باعث تغییر در HRDP می‌شود (۸، ۲۱، ۲۲) و احتمالاً این اتفاق زمانی خواهد افتاد که از اصول استاندارد ارائه شده برای آزمون پیروی نشود (۲، ۸). در حالی که اصول این آزمون از استاندارد ارائه شده برای یافتن HRDP تبعیت نمی‌کند (۲، ۷، ۸). از این روی، مطالعه حاضر با هدف ارزیابی همگرایی HRDP تعیین شده در آزمون T_{short} و مدل فلات بیشینه لاکتات (MLSS) به اجرا درآمد.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع کاربردی و روش تحقیق از نوع نیمه آزمایشی می‌باشد. جامعه آماری این تحقیق، شامل تمامی کشتی گیران نوجوان و جوان پسر شهرستان اردبیل بودند. از بین جامعه آماری، تعداد یازده نفر کشتی گیر نوجوان و جوان به شکل هدفمند انتخاب و به عنوان آزمودنی مورد توجه قرار گرفتند. آزمودنی‌هایی که حداقل دارای دو سال سابقه تمرین مداوم تحت نظر مربی با حداقل ۴ جلسه

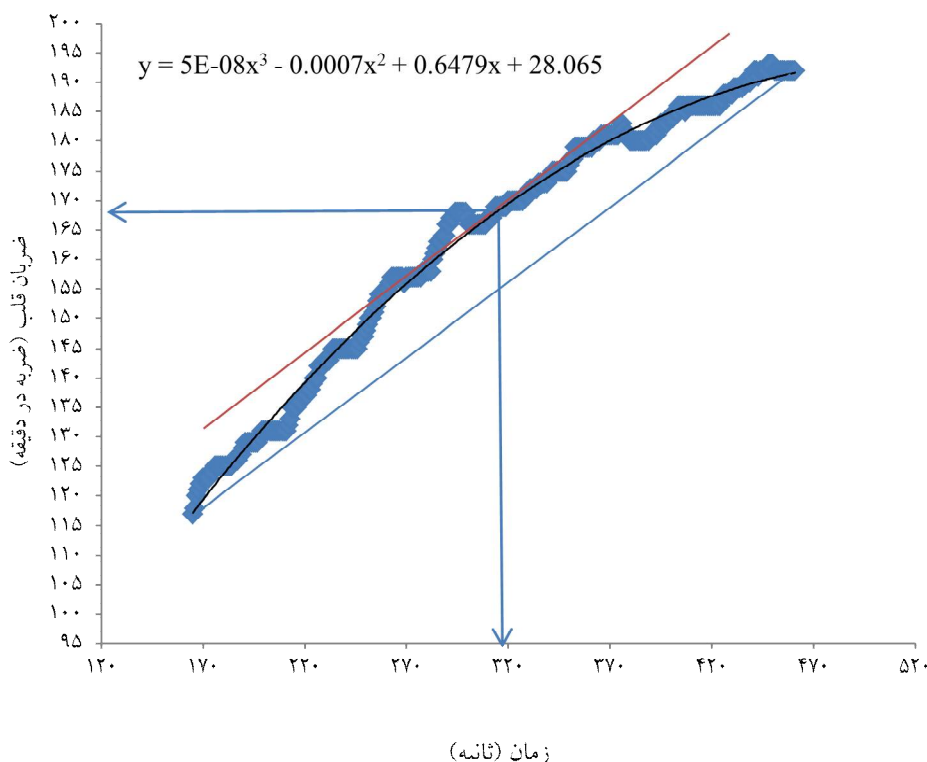
اتمام مرحله که آزمودنی می‌توانست کامل نماید به عنوان بیشینه سرعت آزمودنی تعیین شد. در طول آزمون افزایش ضربان قلب^۱ (HRI) در هر دقیقه از شروع مرحله خطی تا اتمام آزمون (شیب خط رگرسیون) ثبت شد.

تعیین HRDP (مدل S.D_{max})

برای تعیین HRDP از منحنی رگرسیون تابع درجه سه داده‌های مربوط به ضربان قلب و زمان (۱۲، ۲۷) بر اساس مدل اصلاح یافته D_{max} (۲۸) برای تعیین HRDP استفاده شد که مدل S.D_{max} نامیده می‌شود (۱۲). برای تعیین HRDP در گام اول کمترین مقادیر ضربان قلب تعیین شد (۲۹). سپس مدل ریاضی "شیب خط راست موازی" برای تعیین بیشترین فاصله بین خطوط راست رسم شده برای دو انتهای داده‌های ضربان قلب در هر منحنی استفاده شد. HRDP به عنوان بیشترین فاصله از دو خط در نظر گرفته شد (۱۲). بر اساس این روش تنها یک نقطه وجود دارد که بیشترین فاصله را با دو انتهای خط صاف دارد (شکل یک). این روش کامپیوتری جدیدترین روش عینی برآورد HRDP می‌باشد که در مطالعات اخیر نیز مورد استفاده قرار گرفته است (۳۰-۳۲).

اندازه گیری های آنتروپومتری: وزن بدن با حداقل لباس ممکن و بدون کفش با ترازوی الکترونیکی (Type SECA 861) و با دقت ۰/۱ کیلوگرم اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری قد نیز با دقت ۱ میلی متر و به توسط قد سنج متصل به ترازوی الکترونیکی و بدون کفش اندازه‌گیری شد. شاخص توده بدنی آزمودنی‌ها با فرمول وزن به کیلوگرم تقسیم بر مجذور قد به متر به دست آمد.

آزمون کوتاه شده (T_{short}) دویدن برای تعیین HRDP بعد از ۱۵-۱۰ دقیقه گرم کردن و حرکات کششی، آزمون ورزشی فزاینده بر روی نوارگردان کالیبره شده با ۱/۵ درصد شیب، سرعت شروع ۳ کیلومتر بر ساعت و با افزایش سرعت یک کیلومتر در هر ۳۰ ثانیه به کار گرفته شد (۱۶). تمامی آزمودنی‌ها بعد از مرحله گرم کردن و شروع آزمون اولین ۵ مرحله را راه رفتند تا اینکه به سرعت ۸ km/h رسیدند و سپس شروع به دویدن کردند. دویدن تا زمانی ادامه پیدا می‌کرد که شخص دیگر قادر به دویدن نبود. تمامی آزمودنی‌ها در حین دویدن تشویق می‌شدند که بهترین عملکرد خود را به اجرا گذارند. آخرین نیم مرحله یا



شکل ۱. تعیین HRDP بوسیله مدل S.D_{max} در یک آزمودنی (۱۲)

T_{short} با متغیرهای بدست آمده از آزمون MLSS از آزمون تی وابسته استفاده شد. برای تعیین همگرایی بین متغیرهای بدست آمده از T_{short} با متغیرهای آزمون MLSS از مدل گرافیکی بلانند آلتمن (۳۴) و روش آماری Intraclass correlation (ICC) (۳۵) استفاده شد. معنی داری بین متغیرها در $P \leq 0/05$ قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار آماری SPSS 21 و MedCalc استفاده شد.

نتایج

در ۱۰ نفر از کشتی گیران HRDP معمول مشاهده شد. با این وجود، منحنی عملکرد ضربان قلب معمول برای یکی از کشتی گیران به صورت HRDP معکوس مشاهده شد. بنابراین داده‌های این آزمودنی به تجزیه تحلیل وارد نشده و تجزیه و تحلیل داده‌ها برای ده نفر انجام شد. خلاصه متغیرهای بدست آمده از T_{short} در جدول ۱ قید شده است. نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد که داده‌های بدست آمده دارای توزیع طبیعی می‌باشد ($P > 0/05$). میانگین مقادیر لاکتات اندازه‌گیری شده برای آزمون MLSS برابر با $5/65 \pm 1/9$ میلی مول/لیتر بود. تفاوت آماری معنی دار بین HR_{MLSS} و HRDP مشاهده شد ($P < 0/05$; شکل ۲). تفاوت معنی داری بین $Speed_{HRDP}$ و $Speed_{MLSS}$ مشاهده نشد (شکل ۲).

تعیین MLSS: تمامی آزمودنی‌ها در یک سری از آزمون‌های دویدن بر روی نوارگردان با سرعت ثابت و به مدت حداقل ۳۰ دقیقه برای تعیین MLSS شرکت کردند (۵). برای تعیین غلظت لاکتات خون از نمونه‌های خونی بدست آمده از نوک انگشتان و با استفاده از لاکتومتر (Lactate scout, SensLab GmbH, Germany) در حین استراحت و هر ۵ دقیقه استفاده شد (در دقایق ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰). این دستگاه در تحقیقات پیشین استفاده شده (۳۳) و دارای روایی بالایی با روش ملاک می‌باشد ($r = 0/93$). برای تعیین اولین سرعت ثابت آزمون MLSS از سرعت ۵٪ پایینتر از سرعت رخداد HRDP استفاده شد. اگر که تغییرات مقادیر لاکتات خون در حین دقیقه‌های ۳۰-۱۰ از آزمون MLSS بیشتر از یک میلی مول بر لیتر نبود دلیل بر درستی MLSS بود وگرنه آزمون با سرعت‌های ثابت ۰/۵ کیلومتر بالاتر و یا پایینتر مجدداً تکرار می‌شد (۵). سرعت دویدن بر روی نوارگردان به عنوان $Speed_{MLSS}$ ثبت شد. ضربان قلب در حین آزمون MLSS (HR_{MLSS}) بین دقایق ۳۰-۵ (با حذف داده‌های ضربان قلب زمانی که آزمودنی برای گرفتن خون توقف می‌نمود) ثبت و میانگین آن بدست آمد.

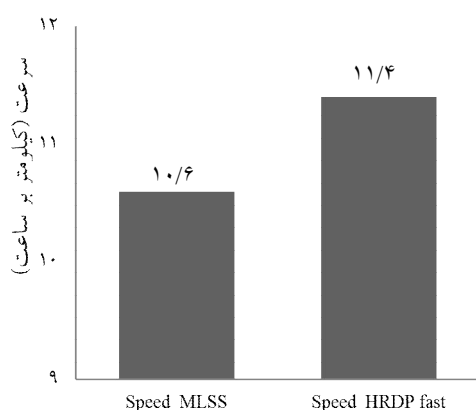
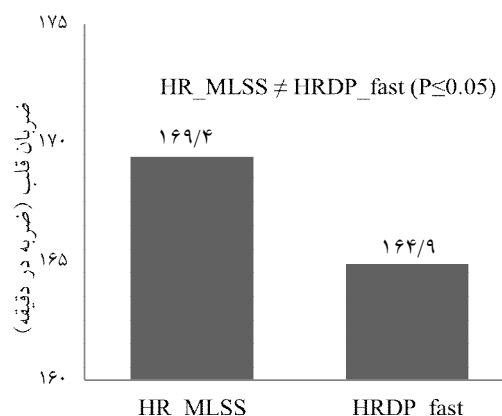
تحلیل آماری

برای بررسی طبیعی بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک^۹ استفاده شد. به منظور مقایسه متغیرهای بدست آمده از

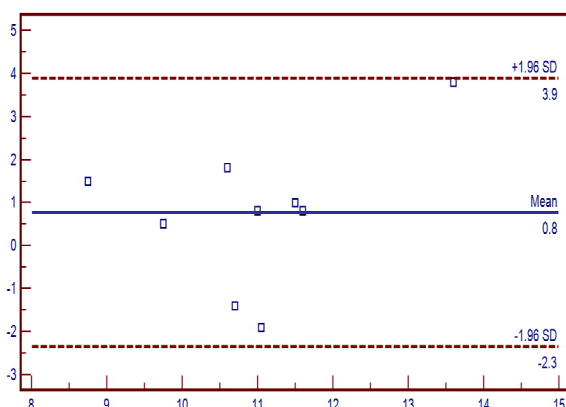
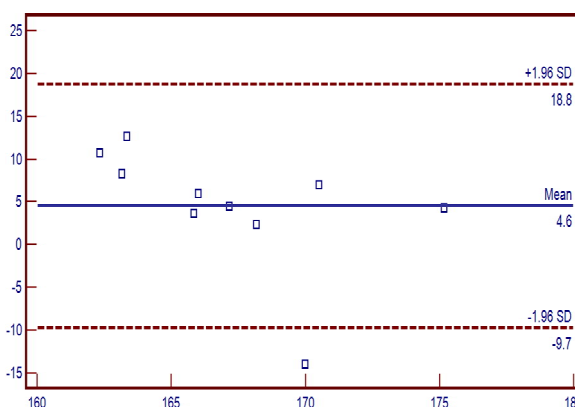
جدول ۱. خلاصه ویژگی‌های آزمونی‌های آزمون ($n = 10$) و متغیرهای بدست آمده از آزمون دویدن کوتاه شده وامانده ساز (T_{short})

متغیر	میانگین \pm انحراف معیار
سن (سال)	$19/0 \pm 1/3$
قد (سانتی متر)	$176/3 \pm 6/5$
وزن (کیلوگرم)	$74/0 \pm 13/7$
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/مترمربع)	$23/7 \pm 4/0$
ضربان قلب بیشینه (ضربه در دقیقه)	$191/4 (4/3)$
کل زمان (دقیقه)	$7/4 (1/0)$
بیشترین سرعت (کیلومتر/ساعت)	$17/3 (1/9)$
افزایش ضربان قلب* (ضربه در دقیقه)	$13/7 (1/6)$

*افزایش ضربان در هر دقیقه از نقطه شروع تا انتهای آزمون HRDP

ب- مقایسه Speed_{MLSS} و Speed_{HRDP}الف- مقایسه HR_{MLSS} و HRDP

شکل ۲. مقایسه مقادیر میانگین بین HR_{MLSS} و HRDP و بین Speed_{MLSS} و Speed_{HRDP}. HRDP: نقطه شکست ضربان قلب؛ Speed_{HRDP}: سرعت در HRDP؛ MLSS؛ HRDP؛ فلات بیشینه اسید لاکتیک؛ HR_{MLSS}: ضربان قلب آزمون MLSS؛ Speed_{MLSS}: سرعت ثابت آزمون MLSS)

ب- توافق بین Speed_{MLSS} و Speed_{HRDP}الف- توافق بین HR_{MLSS} و HRDP

شکل ۳. منحنی بلاند-آلمن برای بررسی توافق بین HR_{MLSS} و HRDP (الف) و توافق بین Speed_{MLSS} و Speed_{HRDP} (ب). HRDP: نقطه شکست ضربان قلب؛ Speed_{HRDP}: سرعت در HRDP؛ MLSS؛ HRDP؛ فلات بیشینه اسید لاکتیک؛ HR_{MLSS}: ضربان قلب در حین آزمون MLSS؛ Speed_{MLSS}: سرعت ثابت آزمون MLSS).

اطلاعات بسیار اندکی در مورد ارتباط بین HRDP و MLSS اندازه‌گیری شده با روش‌های عینی وجود دارد (۹)، ۳۰، ۳۱) و نیاز به بررسی‌های بیشتر در این مورد توسط محققان گزارش شده است (۲، ۹) تا اینکه نتایج متناقض و متنوع را شفاف‌سازی نماید (۲). MLSS یک شاخص فیزیولوژیک مهم است که به عنوان استاندارد طلایی برای تعیین آستانه بی‌هوایی و

بحث و نتیجه‌گیری

اگرچه چندین روش برای تعیین آستانه‌های بی‌هوایی گزارش شده است، و مطالعات گذشته در مورد ارتباط بین HRDP با آستانه بی‌هوایی، آستانه تهویه و دومین آستانه لاکتات ارتباط بالایی را گزارش نموده‌اند (۱، ۳، ۳۶). با این وجود، اندازه‌گیری عینی MLSS به عنوان ملاک طلایی تعیین آستانه بی‌هوایی معرفی شده است (۲، ۵، ۶) ولی

برعکس مقادیر HRI برابر با $1/6 \pm 13/7$ بود که از استاندارد ارائه شده در ادبیات پژوهشی بیشتر می‌باشد (۲، ۸). کانکانی و همکارانش (۱۹۹۶) گزارش کردند که افزایش سریع در شدت ورزشی که باعث افزایش ضربان قلب بیشتر از ۸ ضربه در هر دقیقه بشود منجر به کم تخمینی HRDP بدست آمده می‌شود و برآورد صحیحی نخواهد بود (۸).

از سوی دیگر همان طور که اشاره شد نحوه بدست آوردن HRDP به عنوان یکی از مشکلات اساسی ایجاد تناقضات در ادبیات پژوهشی معرفی شده است (۲، ۹) و محققان زیادی تلاش کرده‌اند که این مشکل را حل نمایند (۱۱، ۱۲، ۲۷). به عنوان نمونه یکی از دلایل احتمالی تناقض بین نتایج تحقیق حاضر با نتایج سنتیجا و همکارانش (۲۰۰۷) ممکن است که مربوط به تفاوت در داده‌های مربوط به ضربان قلب گردآوری شده و تجزیه و تحلیل شده برای برآورد HRDP باشد (۱۶). به عنوان نمونه نشان داده شده که در طی یک آزمون فزاینده بیشتر از ۱۰۰۰ داده ضربان قلب جمع آوری می‌شود (به روش $1\text{ Hz} \geq$) و اگر جمع آوری داده‌های ضربان قلب به صورت $0.03\text{ Hz} \geq$ یا $0.05\text{ Hz} \geq$ (یک ضربه در هر ۳۰ یا ۱۵ ثانیه، به ترتیب) جمع آوری شود باعث می‌شود تا تعداد بسیار زیادی از داده‌های ضربان قلب از بررسی HRDP حذف شده و این نیز باعث افزایش احتمال خطا در برآورد HRDP و ایجاد کم تخمینی آن می‌شود (۲۵، ۲۶)، کاری که نه تنها سنتیجا و همکارانش (۱۶، ۱۷) بلکه اغلب مطالعات گذشته نیز انجام داده‌اند (۱۰) که این برآورد ناصحیح HRDP توسط محققان باتجربه در این زمینه مورد انتقاد قرار گرفته است (۲، ۲۶).

یکی دیگر از اشتباهات رایج در برآورد صحیح HRDP که بسیاری از مطالعات گذشته مرتکب شده‌اند مربوط به انتخاب کمترین مقدار ضربان قلب برای بررسی HRDP می‌باشد. به طوری که در تجزیه و تحلیل داده‌های ضربان قلب برای بررسی HRDP از تمامی داده‌های اولیه ضربان قلب (مقادیری که در لحظه بلافاصله شروع آزمون و حتی قبل از شروع آزمون جمع آوری شده بودند) استفاده کرده‌اند (۱۰) در صورتی که این کار نیز باعث کم تخمینی و خطا در برآورد HRDP می‌شود و توصیه شده که برای

بررسی نیازهای تمرین هوازی معرفی شده است، و نشان دهنده یک تعادل بین بیشترین تولید و دفع اسید لاکتیک می‌باشد (۲، ۳). اما نیاز این روش به ۵-۲ بار آزمون ورزشی با بار ثابت و زمان حداقل ۳۰ دقیقه و در روزهای متفاوت و تهاجمی و پرهزینه بودن آزمون (۳) باعث شده که استفاده از این روش تمرینی محدود شود. بنابراین تلاش زیادی انجام شده تا اینکه یک روش ساده که مقرون به صرفه بوده و زمان کمی را صرف نماید برای تخمین شدت MLSS شناسایی شود (۲، ۸، ۱۶).

از سال ۱۹۸۷ چندین گروه کاری (۲) در تلاش بوده‌اند تا اینکه آزمون ارائه شده توسط کانکانی و همکارانش (۱۹۹۶)، که برای برآورد آستانه بی هوازی ارائه شده بود (۸) را برای اشخاص با عملکرد پایین (مانند کودکان و غیرورزشکاران و غیره) و متفاوت از آزمون اصلی ارائه شده تغییر دهند (۱۵، ۱۸). در این زمینه پیشنهاد شده که فاصله بین هر مرحله کم و ثابت باشد و به توالی‌های ۶۰ ثانیه ایی تقلیل یابد تا اینکه از انتقادات موجود جلوگیری شود (۳۷) و شدت‌های فزاینده آزمون به کار گرفته شده چنان باشد که ضربان قلب را بیشتر از ۸ ضربه در دقیقه افزایش ندهد (۲، ۸). همچنین، توصیه شده که برای جلوگیری از اثر تنظیم دمایی^{۱۰} مدت زمان آزمون نباید که بیشتر از ۱۶-۱۲ دقیقه طول بکشد (۲).

در مطالعه حاضر ما مشاهده کردیم که HRDP و شتاب در این نقطه که توسط T_{short} تعیین شده بود، پیشگویی کننده معتبری برای شدت MLSS در ورزشکاران نبود. این نتایج پیشنهاد می‌کند که HRDP و شتاب در این نقطه که توسط T_{short} تعیین شد متغیر معتبری برای تجویز شدت تمرین استقامتی در این ورزشکاران نمی‌باشد. این نتایج متناقض با نتایج سنتیجا و همکارانش (۲۰۰۷) می‌باشد که اعلام داشتند HRDP مستقل از آزمون بوده و بنابراین ایشان T_{short} را برای بررسی HRDP معتبر اعلام نمودند (۱۶). با این وجود ایشان اظهار داشتند که $\text{Speed}_{\text{HRDP}}$ وابسته به آزمون می‌باشد. با توجه به نتایج ما مشاهده کردیم که زمان آزمون نسبت به استاندارد ارائه شده در ادبیات پژوهشی (۲) کمتر ($1/0 \pm 7/4$ دقیقه) بوده و

6. Standard running test
7. Physical Activity Readiness Questionnaire
8. Heart rate increase
9. The Shapiro-Wilk Test
10. Thermoregulation
11. Narita equation
12. Rosic et al.
13. Lepretre et al.

منابع

1. Faude O, Kindermann W, Meyer T. Lactate Threshold Concepts How Valid are They? Sports Medicine. 2009; 39 (6): 469-490.
2. Hofmann P, Pokan R. Value of the Application of the Heart Rate Performance Curve in Sports. International Journal of Sports Physiology and Performance. 2010; 5:437-447.
3. Svedahl K, MacIntosh BR. Anaerobic Threshold: The Concept and Methods of Measurement. Canadian Journal of Applied Physiology. 2003; 28:299-323.
4. Bosquet L, Léger L, Legros P. Methods to determine aerobic endurance. Sports Medicine. 2002; 32(11):675-700.
5. Beneke R. Methodological aspects of maximal lactate steady state—implications for performance testing. European Journal of Applied Physiology. 2003; 89:95-99.
6. Billat V, Sirvent P, Py G, Koralsztein JP, Mercier J. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. Sports Medicine. 2003; 33:407-426.
7. Conconi F, Ferrari M, Ziglio PG, Droghetti P, Codeca L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology. 1982; 52:869-873.
8. Conconi F, Grazi G, Casoni I, Guglielmini C, Borsetto C, Ballarin E, et al. The Conconi test: methodology after 12 years of application. international Journal of Sports medicine. 1996; 17:509-519.
9. Bodner ME, Rhodes EC. A review of the concept of the heart rate deflection point. Sports Medicine. 2000; 30:31-46.
10. Jones AM, Doust JH. The Conconi test is not valid for estimation of the lactate turnpoint in runners. Journal of sports science. 1997; 15:385-394.
11. Vachon JA, Bassett Jr DR, Clarke S. Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold during running. Journal of

بدست آوردن HRDP دقیق در ابتدا باید که کمترین (به عنوان نمونه ۷۵-۷۰٪ ضربان قلب بیشینه؛ یا بر اساس فرمول ناریتا^{۱۱}) مقدار ضربان قلب را مشخص کرد (۲، ۱۲، ۲۹).

چندین محقق نشان داده‌اند که HRDP به شدت وابسته به آزمون می‌باشد و تغییر شتاب، زمان و شیب مراحل باعث تغییر در HRDP می‌شود (۱۱، ۲۱، ۲۲). برای نمونه، نشان داده شده که آزمون‌های که با شیب غیرخطی سرعت یا زمان اعمال می‌شوند باعث ایجاد تغییر در HRDP شده و مناسب نمی‌باشند (۲۱). اخیراً روزیک و همکارانش^{۱۲} (۲۰۱۱) نشان دادند که شکل منحنی عملکرد ضربان قلبی در حین آزمون فزاینده به شدت آزمون ورزشی به کارگرفته شده وابسته می‌باشد (۲۲).

نشان داده شده است که تغییرات مربوط به جهت و درجه منحنی عملکرد ضربان قلب به طور معنی داری با عملکرد میوکارد قلبی مرتبط است (۳۸). این قضیه توسط نتایج لپرتره و همکارانش^{۱۳} (۲۰۰۵) نیز تأیید شد. به طوری که ایشان همزمانی بین HRDP و کار بهینه قلبی را در جایی که بیشینه حجم ضربه ایی مشاهده شده بود را مشاهده نمودند (۳۹). بنابراین، احتمالاً پدیده HRDP مربوط به حفظ بیشینه حجم ضربه ایی برای حفظ استیدی استیت ورزشی در آن شدت ورزشی می‌باشد (۲۰، ۳۹).

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، متغیرهای بدست آمده از T_{short} با متغیرهای بدست آمده از ملاک استاندارد آستانه بی‌هواری همگرایی نداشت. این آزمون کوتاه شده مطابق با استانداردهای توصیه شده در ادبیات پژوهشی نمی‌باشد (۲، ۸، ۲۲) و استفاده از آن ممکن است که نتایج دقیقی برای تجویز تمرین به ورزشکاران ارائه ندهد. با این وجود، محدودیت‌های پژوهش حاضر مانند تعداد کم شرکت کنندگان و بکارگیری تنها یک نوع رشته ورزشی لزوم تحقیقات بیشتری را در این زمینه فرا می‌خواند تا نتایج پژوهش حاضر را تأیید نماید.

پی‌نوشت‌ها

1. Maximum oxygen uptake
2. Maximal lactate steady state
3. Heart rate deflection point
4. Thermoregulation effect
5. Short running test

- adrenoceptor mediated origin of the heart rate performance curve deflection. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2005; 37:1704-9.
24. Ignjatović A, Hofmann P, Radovanović D. Non-invasive determination of anaerobic thresholds based on the heart rate deflection point. *Facta Univesitatis, Series: Physical Education and Sports*. 2008; 1(6):1-10.
 25. Santos EL, Novaes JS, Reis VM, Giannella-Neto A. Low sampling rates bias outcomes from the Wingate Test. *International Journal of Sports Medicine*. 2010; 31:784-789.
 26. Marques-Neto SR, Maior AS, Maranhão Neto GA, Santos EL. Analysis of heart rate deflection points to predict the anaerobic threshold by a computerized method. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2012; 26(7):1967-1974.
 27. Siahkohian M. A new mathematical model for determination of heart rate deflection point. *International Journal of Fitness*. 2007; 3:11-316.
 28. Kara M, Gokbel H, Bediz C, Ergene N, Ucok K, Uysal H. Determination of the heart rate deflection point by the Dmax method. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 1996; 36:31-34.
 29. Siahkohian M, Khodadadi D. Narita Target Heart Rate Equation Underestimates the Predicted Adequate Exercise Level in Sedentary Young Boys. *Asian Journal of Sports Medicine*. 2013; 4:175-180.
 30. De Assis Pereira PE, Piubelli Carrara VK, Mello Rissato G, Pereira Duarte JM, Guerra RL, Silva Marques de Azevedo PH. The relationship between the heart rate deflection point test and maximal lactate steady state. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2015; [EPUB ahead of print].
 31. Kiani Mavi N, Siahkuhian M, Hashemi Majd K. The correlation between Heart Rate Deflection Point (HRDP) and the Potassium Turn Point (KTP) in Athlete Young Men. *Journal of Ardabil University of Medical Sciences*. 1390; 10(1):64-71.
 32. Meamarbashi A, Alipour M. Moderate dose of watercress and red radish does not reduce oxygen consumption during graded exhaustive exercise. *Avicenna Journal of Phytomedicine*. 2014; 4(4):267-272.
 33. Tanner RK, Fuller KL, Ross ML. Evaluation of three portable blood lactate analysers: Lactate Pro, Lactate Scout and Lactate Plus. *European Journal of Applied Physiology*. 2010; 109:551-559.
 34. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986; 1:307-10.
 - Applied Physiology. 1999; 87:452-459.
 12. Siahkohian M, Meamarbashi A. Advanced methodological approach in determination of the heart rate deflection point: S.Dmax versus L.D_{max} methods. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2013; 53:27-33.
 13. Cheng B, Kuipers H, Snyder AC, Keizer HA, Jeukendrup A, Hesselink M. A new approach for determining of ventilatory lactate thresholds. *International Journal of Sports Medicine*. 1992; 13:518.
 14. Fell JW. The modified D-Max is a valid lactate threshold measurement in veteran cyclists. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2008; 11:460-463.
 15. Gaisl G, Hofmann P. A noninvasive method for the determination of the anaerobic threshold in children and sedentary persons. *Revista Brasileira de Ciencia e Movimento*. 1989; 3:42-50.
 16. Sentija D, Vucetic V, Markovic G. Validity of the modified Conconi running test. *International Journal of Sports Medicine*. 2007; 28:1006-1011.
 17. Vucetić V, Sentija D, Sporis G, Trajković N, Milanović Z. Comparison of ventilation threshold and heart rate deflection point in fast and standard treadmill test protocols. *Acta Clinica Croatica*. 2014; 53:190-203.
 18. Debray P, Dey SK. A comparison of the point of deflection from linearity of heart rate and the ventilatory threshold in the determination of the anaerobic threshold in Indian boys. *Journal of Physiological Anthropology*. 2007; 26(1):31-37.
 19. McLellan TM. Ventilatory and plasma lactate response with different exercise protocols: a comparison of methods. *International Journal of Sports Medicine*. 1985; 6:30-5.
 20. McNaughton L, Wakefield G, Fasset R, Bentley D. A comparison of lactate kinetics, minute ventilation and acid-base balance as measure of the anaerobic threshold. *Journal of Human Movement Studies*. 2001; 41:247-61.
 21. Pokan R, Hofmann P, von Duvillard SP, Smekal G, Hogler R, Tschan H, et al. The heart rate turn point reliability and methodological aspects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1999; 31(6):903-907.
 22. Rosic G, Pantovic S, Niciforovic J, Colovic V, Rankovic V, Obradovic Z, Rosic M. Mathematical analysis of the heart rate performance curve during incremental exercise testing. *Acta Physiologica Hungarica*. 2011; 98(1):59-70.
 23. Hofmann P, Wonisch M, Pokan R, Schwaberg G, Smekal G, von Duvillard SP. Beta1-

35. Portney LG, Watkins MP. Foundations of clinical research Application to practice. Prentice Hall Inc. New Jersey. 2000; ISBN 0-8385-2695-0: 560-567.
36. Binder RK, Wonisch M, Corra U, Cohen-Solal A, Vanhees L, Saner H, Schmid JP. Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*. 2008; 15(6):726-734.
37. Jeukendrup AE, Hesselink MK, Kuipers H, Keizer HA. The Conconi test. *International Journal of Sports Medicine*. 1997; 18(5):393-396.
38. Pokan R, Hofmann P, Preidler K, Leitner H, Dusleag J, Eber B, et al. Correlation between inflection of heart rate/work performance curve and myocardial function in exhausting cycle ergometer exercise. *European Journal of Applied Physiology*. 1993; 67:385-388.
39. Lepretre PM, Foster C, Koralsztein JP, Billat VL. Heart rate deflection point as a strategy to defend stroke volume during incremental exercise. *Journal of Applied Physiology*. 2005; 98(5):1660-1665.