فیزیولوژی ورزشی شماره ۲۵، بهار ۱۳۹۴. صص ۴۶-۳۳

پیش‌بینی حداکثر لاکتات حالت پایدار از طریق شروع تجمع لاکتات خون طی آزمون فزاینده روی دوچرخه‌سواران جوان تمرین‌کرده

حمید قبادی[۱]، حمید معرفتی[۲]

۱. کارشناس ارشد دانشگاه شهید باهنر کرمان
۲. استادیار دانشگاه شهید باهنر کرمان*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۴/۱۸

چکیده

هدف مطالعهٔ حاضر پیش‌بینی برون‌دهٔ توانی معادل با حداکثر لاکتات حالت پایدار از طریق شروع تجمع لاکتات خون طی آزمون فزاینده روی دوچرخه‌سواران استقامتی جوان تمرین‌کرده بود. نه دوچرخه‌سوار استقامتی به‌صورت داوطلبانه در این مطالعه شرکت کردند. برای هر آزمودنی بار کار معادل با شروع تجمع لاکتات خون از طریق آزمون فزایندهٔ حداکثری تعیین شد. سپس آزمودنی‌ها چندین جلسه آزمون ۳۰ دقیقه‌ای با بار کار ثابت برای تعیین بار کار معادل با حداکثر لاکتات حالت پایدار را اجرا کردند. اولین بار کار ثابت ۳۰ دقیقه‌ای، بار کار مطابق با آستانهٔ لاکتات خون انتخاب و در نظر گرفته شد. یافته‌ها ارتباط معناداری بین بار کار معادل با شروع تجمع لاکتات خون و حداکثر لاکتات حالت پایدار را نشان دادند (۱۸/۷۹± ۲۵۰/۲۲ در مقابل ۱۶/۹۷± ۲۵۰/۶۷ وات؛ R=0.979 وP=0.000). ارتباط معناداری بین غلظت لاکتات خون و میانگین دقایق ۱۰، ۲۰ و ۳۰ حداکثر لاکتات حالت پایدار و عدم ارتباط معناداری بین ضربان قلب شروع تجمع لاکتات خون و حداکثر لاکتات حالت پایدار به‌دست آمد (۰/۰۱± ۴/۰۳ در مقابل ۰/۰۹± ۴/۲۵ میلی‌مول در لیتر و ۵/۵۲± ۱۸۲ در مقابل ۳/۶۲± ۱۸۳/۸۹ ضربه در دقیقه به ترتیب) R=0.736 (P=0.037) و R=0.650 (P=0.058). معادلهٔ رگرسیونی خطی برای پیش‌بینی حداکثر لاکتات حالت پایدار عبارت است از Watt.MLSS = 0.87 × Watt.OBLA +32.14. سایر نتایج ارتباط معنادار بالایی را بین برون‌دهٔ توانی مطابق شروع تجمع لاکتات خون و حداکثر لاکتات حالت پایدار نشان دادند. از این‌رو، معادلهٔ فوق نشان داد که می‌توان طی آزمون فزاینده، حداکثر لاکتات حالت پایدار را پیش‌بینی کرد.

واژگان کلیدی: حداکثر لاکتات حالت پایدار، شروع تجمع لاکتات خون، دوچرخه سوار

* نویسنده مسئول Email: marefati.h@uk.ac.ir

مقدمه

حداکثر لاکتات حالت پایدار(MLSS)[1] بیانگر بالاترین شدت فعالیت است که می‌تواند بدون تجمع لاکتات خون برای یک دورهٔ فعالیت طولانی‌مدت زیربیشینه (۳۰ تا ۶۰ دقیقه) با بار ثابت حفظ شود. از این‌رو شاخص استاندارد طلایی برای ارزیابی ظرفیت هوازی، ابزار مفید و مؤثری برای تعیین شدت فعالیت و طراحی برنامهٔ ورزشی است (۱،۲). در نتیجه این شاخص می‌تواند عملکرد ورزشی را در رویدادهای استقامتی ۳۰ تا ۶۰ دقیقهٔ مختلف پیش‌بینی کند (۳،۴). روش‌های مختلفی برای تعیین این شاخص به‌صورت تهاجمی و غیرتهاجمی وجود دارد. استاندارد طلایی برای تعیین حداکثر لاکتات حالت پایدار چندین جلسه آزمون با بار ثابت در دامنه‌ای از بارهای کاری متفاوت (۵۰ تا ۹۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی) برای مدت ۳۰ دقیقه در روزهای مختلف است (۶-۳). از طرف دیگر چندین روش تهاجمی و غیرتهاجمی جهت تعیین، تخمین و پیش‌بینی MLSS طراحی شده است که شامل توان بحرانی[2]، آستانه‌های تهویه‌ای[3]، آزمون‌های سرعت حداقل لاکتات[4]، نسبت تبادل تنفسی[5]، شروع تجمع لاکتات خون(OBLA)[6]، حداکثر برون‌دهٔ توانی[7] و ... است. به‌عنوان یک نتیجه این پژوهش‌ها نتایج متناقض و بحث‌برانگیزی را گزارش کرده‌اند که برخی بیش‌تخمینی وکم‌تخمینی و در برخی دیگر تخمین مناسب را گزارش کرده‌اند (۹-۳،۴،۷). با توجه به این موضوع، اصطلاح آستانهٔ لاکتات خون ثابت شده در طول یک آزمون فزاینده به ارزیابی عملکرد استقامتی هوازی به کار برده شده است که OBLA (آستانهٔ لاکتات چهار میلی‌مول در لیتر) یکی از این‌ها است (۱۰،۱۱،۱۸). شروع تجمع لاکتات خون به‌عنوان شدتی از فعالیت که غلظت لاکتات خون در طول یک آزمون فزاینده به چهار میلی‌مول در لیتر می‌رسد، تعریف می‌شود (۱۳،۱۴) و ابتدا توسط مادر[8] و همکارانش (۱۱،۱۲) در سال (۱۹۷۶) معرفی شد. انتخاب نقطهٔ غلظت چهار میلی‌مول به‌عنوان غلظت لاکتات خون مرتبط با OBLA به این خاطر است که غلظت لاکتات خون و عضله به همدیگر وابسته و انتقال لاکتات از عضله به خارج زمانی اتفاق می‌افتد که در میزان لاکتات در هر کیلوگرم عضلهٔ تر به چهار تا پنج میلی‌مول برسد. پژوهش‌ها ارتباط قوی بین متغیرهای OBLA و MLSS را گزارش کرده‌اند (۱۱،۱۲). نتایج مطالعات بیانگر این است که استفاده از غلظت لاکتات خون ثابت شده، باعث پیش‌بینی MLSS

1. Maximal Lactate Steady State
2. Critical Power
3. Ventilatory Thresholds
4. Lactate Minimum Speed Tests
5. Respiratory exchange ratio
6. Onset Blood Lactate Accumulation
7. Maximal work load
8. Mader

می‌شود. از طرف‌دیگر، چندین پژوهش نتایج متناقضی را در استفاده از نتایج متغیر LT4 گزارش کرده اند و آن این‌که تغییرپذیری بزرگی در غلظت لاکتات خون بین دو تا ۱۲ میلی‌مول در لیتر وجود دارد و استفاده از یک غلظت لاکتات خون ثابت شده معین در آزمون فزاینده نمی‌تواند MLSS را در افراد تخمین بزند (۱۷-۱۵). نتایج پژوهش دِنادایی و همکارانش[1](۱۸) در سال (۲۰۰۴) این موضوع را تأیید کرد که استفاده از شروع تجمع لاکتات خون (۳/۵ میلی‌مول در لیتر) از اعتبار بالایی در پیش‌بینی MLSS برخوردار است (۱۸). اخیراً باروس و همکارانش[2](۱۹) در سال (۲۰۱۳) OBLA-5 پیشنهاد کردند که استفاده از این ارزش باعث تخمین مناسب MLSS نسبت به OBLA می‌شود. آن‌ها در حمایت از یافته‌هایشان بیان کردند که ارزش میانگین غلظت لاکتات خون ورزشکاران در دامنه‌ای بالاتر از OBLA بوده است. آن‌ها پیشنهاد کردند که استفاده از ارزش OBLA در تخمین MLSS نادرست است و به جای آن باید از OBLA-5 استفاده کرد (۱۹). بنابراین با توجه به نتایج بحث‌برانگیز گزارش شده در بالا، هدف از پژوهش حاضر پیش‌بینی MLSS از طریق OBLA است. بنابراین سؤال اصلی پژوهش این بود که آیا برون‌دۀ توانی مطابق با OBLA طی آزمون فزاینده اجازۀ پیش‌بینی سریع‌تر و آسان‌تر MLSS را می‌دهد؟

روش پژوهش

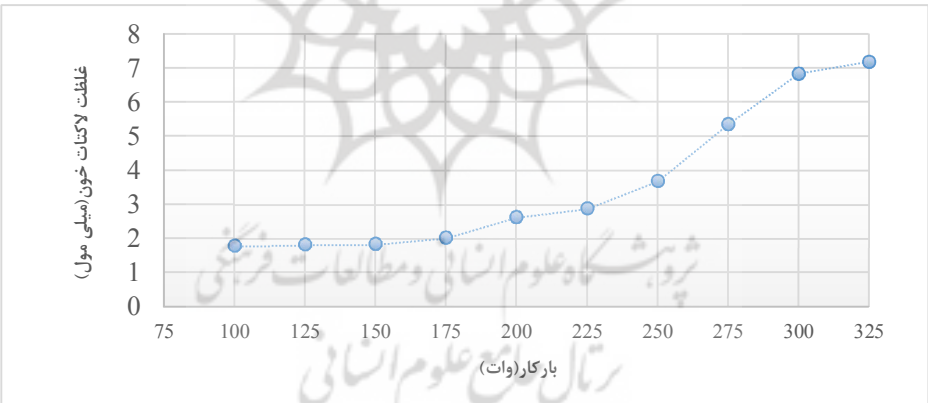
تعداد نه نفر ورزشکار دوچرخه‌سوار مرد که حداقل سابقه چهار سال تمرین منظم را داشتند، جهت شرکت در پژوهش داوطلب شدند (جدول یک). آزمودنی پس از پر کردن فرم رضایت‌نامه و کسب مجوز اخلاقی در آزمون‌های فزاینده و پایدار زیربیشنه شرکت کردند. از تمام آزمودنی‌ها خواسته شد ۴۸ ساعت قبل از شرکت در آزمون‌ها، از انجام فعالیت‌های سنگین و همچنین از مصرف مواد غذایی کافئین‌دار و پرکربوهیدرات قبل از آزمون‌ها اجتناب ورزند.

از هر آزمودنی خواسته شد دو سری آزمون را تکمیل کنند: یک آزمون فزایندۀ حداکثری به منظور تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی، حداکثر برون‌دۀ توانی و برون‌دۀ توانی مرتبط با آستانۀ لاکتات و چندین آزمون با بارثابت به منظور تعیین برون‌دۀ توانی معادل با MLSS (W.MLSS) و غلظت لاکتات خون مطابق با آن (La.MLSS). تمام آزمون‌ها به وسیلۀ دوچرخۀ ارگومتر مونارک ساخت فنلاند مدل ۸۳۹ انجام شدند. در شروع هر آزمون، ارتفاع صندلی و دسته‌های دوچرخه توسط هر آزمودنی به‌صورت

1. Denadai
2. Barros

دلخواه تنظیم شد. با استفاده از ضربان‌سنج پولار، ضربان قلب در خلال آزمون ثبت شد. تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی توسط فرمول پشنهادی از سوی موسسهٔ ACSM صورت گرفت که اعتبار و روایی آن توسط توماس[1] و همکارانش تأیید شده بود (r=0.932) (۲۰).

آزمون فزایندهٔ حداکثری با سه دقیقه گرم کردن با شدت ۱۰۰ وات شروع شد. سپس هر آزمودنی با شدت ۱۰۰ وات در دقیقه فعالیت خود را شروع کرد و هر سه دقیقه به میزان ۲۵ وات بر شدت کار افزوده شد. آزمون زمانی به پایان می‌رسید که معیارهای حداکثری ضربان قلب بیشینه، غلظت لاکتات خون بیش از هشت میلی‌مول در لیتر و عدم تحمل ۸۰ دور در دقیقه مشاهده می‌شد. در طی آزمون فزاینده، هر آزمودنی تشویق کلامی برای ادامهٔ فعالیت دریافت کرد. در پایان هر مرحله خون‌گیری انجام شد. همچنین در طول آزمون فزاینده، ضربان قلب هر پنج ثانیه یک‌بار ثبت شد. پس از تعیین آستانهٔ لاکتات و همچنین از طریق درون‌یابی OBLA (چهار میلی مول) از طریق ترسیم نمودار بار کار- غلظت لاکتات خون، سپس برون‌دهٔ توانی و ضربان قلب مطابق با OBLA مشخص شد (شکل یک). OBLA به‌عنوان شدتی از بار کار فعالیت که غلظت لاکتات خون چهار میلی‌مول می‌رسد، تعریف شد.

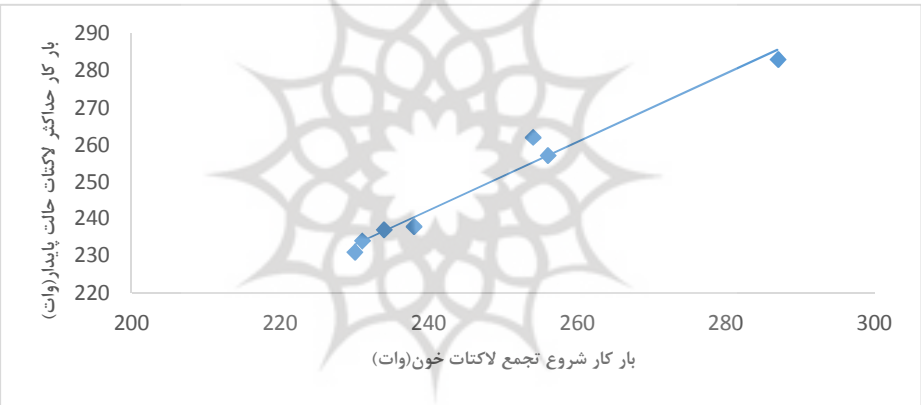


شکل۱ - نمودار بار کار- غلظت لاکتات خون در آزمون فزاینده

برای آزمون تعیین MLSS، در اولین جلسه حضور آزمودنی‌ها، بار کار مطابق با آستانهٔ لاکتات برای هر آزمودنی به‌عنوان شدت زیربیشینه انتخاب شد. در صورتی‌که غلظت لاکتات خون در طول آزمون حالت پایدار به بیش از میلی‌مول در لیتر نمی‌رسید، میزان بار کار انتخابی با توجه به شرایط هر

1. Thomas

آزمودنی دو تا پنج درصد افزایش می‌یافت و این افزایش تا زمانی که غلظت لاکتات خون بیش از یک میلی‌مول در لیتر برسد، ادامه می‌یافت. از طرف دیگر اگر افزایشی بیش از یک میلی‌مول در غلظت لاکتات خون دیده می‌شد، به همان میزان از شدت فعالیت کاسته تا MLSS تعیین گردد. آزمون‌های حالت پایدار برای مدت ۳۰ دقیقه انجام می‌شد و از دقیقهٔ ۱۰ تا دقیقهٔ ۳۰ فعالیت هر پنج دقیقه یک‌بار خون‌گیری انجام می‌گرفت. از نظر عملیاتی زمانی که غلظت لاکتات خون در ۲۰ دقیقه پایانی آزمون حالت پایدار که بیشتر از یک میلی‌مول در لیتر نبود، به‌عنوان MLSS در نظر گرفته می‌شد. لازم به ذکر است در خلال آزمون‌های پایدار ضربان قلب هر ۲۰ ثانیه یک‌بار ثبت می‌شد. همچنین تعداد جلسات حضور آزمودنی جهت تعیین MLSS، سه تا چهار جلسه متغیر بود (شکل دو).



شکل۲- نمودار زمان- غلظت لاکتات خون در آزمون حداکثر لاکتات حالت پایدار

سنجش و اندازه‌گیری لاکتات خون در این روش به‌صورت آنزیماتیک در آزمایشگاه تخصصی دانشبد شیراز انجام شد. نمونه‌های خونی در زمان‌های مشخص شده هر بار به میزان سه سی‌سی از طریق آنژیوکتی که به ورید بازویی آزمودنی‌های در حال فعالیت وصل شده‌بود و از طریق سرنگ‌های یک‌بار مصرف گرفته‌شد. بلافاصله پس از هر خون‌گیری برای جلوگیری از لخته‌شدن به درون لوله‌های حاوی مادهٔ EDTA ریخته و به آرامی مخلوط می‌شدند. بلافاصله نمونه‌های خونی برای تجزیه و تحلیل نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

ابتدا از آزمون آماری شاپیرو- ویلک[1] برای طبیعی بودن داده‌ها استفاده شد. سپس با استفاده از آزمون ضریب همبستگی پیرسون ارتباط بین متغیرها و از آزمون آماری رگرسیون خطی برای پیش‌بینی با رعایت پیش فرض‌های آزمون و در نهایت از روش توافق بلاند- آلتمن[2] برای توافق بین متغیرها استفاده شد. سطح معناداری مطابق با آلفای ۰/۰۵> در نظرگرفته شد.

نتایج

ویژگی‌های فیزیولوژیکی هر یک از آزمودنی‌ها و متغیرهای فیزیولوژیکی آزمون فزاینده و آزمون‌های حالت پایدار در جداول یک و دو آورده شده است.

جدول۱- توصیف ویژگی‌های آنتروپومتری و ظرفیت توان هوازی آزمودنی‌ها

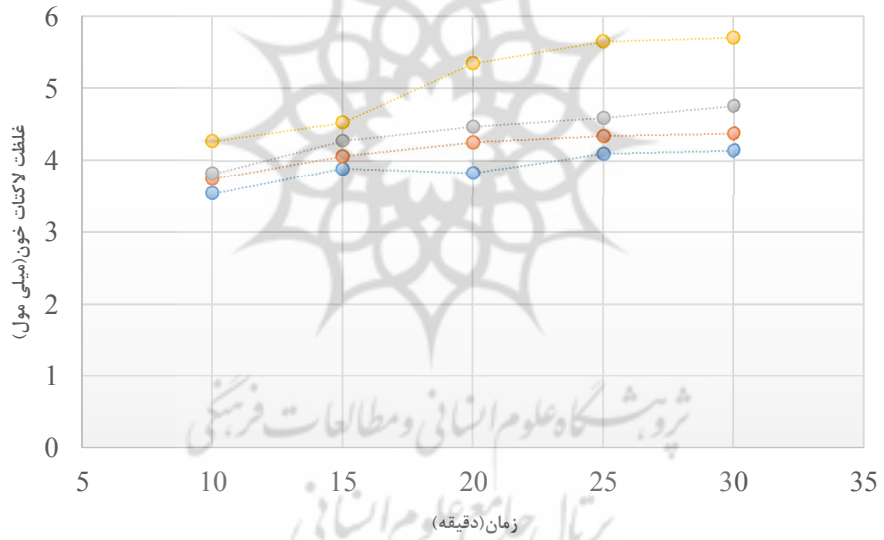
متغیر	میانگین	انحراف استاندارد
سن(سال)	۱۹/۷۸	۰/۸۳۳
وزن(کیلوگرم)	۶۶/۷۹	۲/۱۸۰
قد(سانتی‌متر)	۱۷۴/۳۳	۳/۴۲۸
شاخص تودهٔ بدنی(کیلوگرم بر مترمربع)	۲۱/۹۷	۰/۶۲۸
اکسیژن مصرفی اوج (لیتر در دقیقه)	۳/۸۲	۰/۱۴
حداکثر توان هوازی (وات)	۲۹۴	۱۳/۱۱
ضربان قلب بیشینه (ضربه در دقیقه)	۱۹۴/۴۴	۵/۲۷

جدول۲- توصیف متغیرهای آزمون‌های MLSS و OBLA و LT

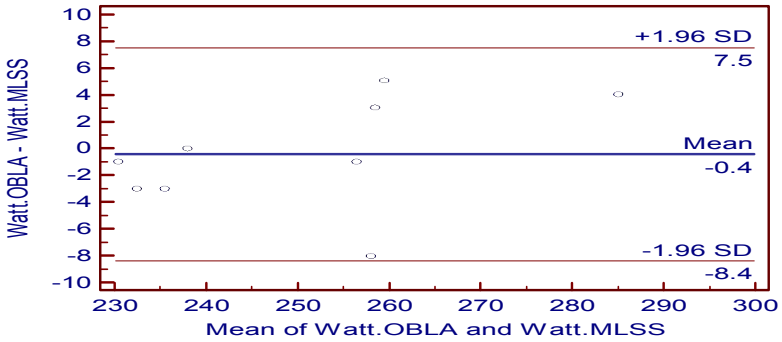
متغیر	میانگین	انحراف استاندارد
لاکتات خون LT (میلی‌مول در لیتر)	۳/۴۸	۰/۱۸
لاکتات خون OBLA (میلی‌مول در لیتر)	۴/۰۳	۰/۰۱
ضربان قلب معادل با OBLA (ضربه در دقیقه)	۱۸۲	۵/۵۲
بار کار معادل با OBLA (وات)	۲۵۰/۲۲	۱۸/۷۹
لاکتات خون MLSS (میلی‌مول در لیتر)	۴/۲۵	۰/۰۹
ضربان قلب معادل با MLSS (ضربه در دقیقه)	۱۸۳/۸۹	۳/۶۲
بار کار معادل با MLSS (وات)	۲۵۰/۶۷	۱۶/۹۷

1. Shapiro- Wilk test
2. Bland-Altman

میانگین حداکثر اکسیژن مصرفی اوج ۰/۱۴± ۳/۸۲ لیتر در دقیقه (۲/۲۲± ۵۷/۳۱ میلی‌لیتر/کیلوگرم بر دقیقه) و حداکثر میانگین برون‌دۀ توانی ۱۳/۱۱± ۲۹۴ وات بود. ارتباط معناداری بین برون‌دۀ توانی معادل با OBLA و MLSS در دوچرخه‌سواران به‌دست‌آمد (R=0.979 ؛ P=0.000). نتیجۀ تحلیل رگرسیون خطی ساده، ارتباط خطی معناداری را به‌صورت معادلۀ بین برون‌دۀ توانی مطابق با OBLA و MLSS نشان داد (Watt.MLSS =0.87× Watt.OBLA+32.14) (R^2=0.958). ارتباط معناداری بین میانگین غلظت لاکتات خون حالت پایدار و OBLA در هشت نفر از نه نفر دوچرخه‌سوار (R=0.736 ؛P=0.037) به‌دست‌آمد ولی ارتباط معناداری بین ضربان قلب OBLA و MLSS به‌دست‌نیامد (P=0.058؛ r=0.650) (جدول دو). روش توافق Bland-Altman، توافق خوبی را بین دو متغیر بار کار OBLA و MLSS نشان داد (۱/۹۶± ۹۵٪ فاصله اطمینان؛ ۸/۴- تا ۷/۵+ =CI) (شکل سه).



شکل ۳- محدوده‌های توافق در وات‌ها (خطای تصادفی ±سوگیری) بین روش مرجع و روش OBLA



شکل۴- نمودار پراکنش مربوط به بار کار معادل با OBLA و MLSS

بحث و نتیجه‌گیری

هدف مطالعهٔ حاضر این بود که آیا می‌توان از طریق OBLA طی آزمونی فزاینده MLSS را پیش‌بینی نمود. نتایج این بررسی ارتباط معنادار را بین برون‌دهٔ کاری معادل با MLSS و OBLA، میانگین غلظت لاکتات خون OBLA و MLSS (هشت نفر از نه آزمودنی) و عدم ارتباط معنادار را بین ضربان قلب OBLA و MLSS نشان دادند. ضریب توافق Bland-Altman نشان داد بار کار معادل با OBLA و MLSS در فاصلهٔ اطمینان ۹۵ درصدی وجود دارد.

مطالعات، ارتباط بین OBLA و MLSS را بررسی کرده‌اند و نتایج پژوهش‌های آن‌ها نشان‌گر ارتباط قوی بین این دو است (۲۲). نتایج این پژوهش هم‌راستا با نتایج پژوهش‌های هک[1] و همکاران (۲۱) در سال (۱۹۸۵)، دِنادایی و همکاران (۱۸) در سال (۲۰۰۴)، دِنادایی و همکاران (۲۲) در سال (۲۰۰۵)، فیگِرا[2] و همکاران (۲۳) در سال (۲۰۰۸)، گراسل[3] و همکاران (۲۴) در سال (۲۰۱۱) و دی سوزا و همکاران[4] (۲۵) در سال (۲۰۱۲) بود. البته لازم به ذکر است که این پژوهش‌گران در تعریف شروع تجمع لاکتات خون از واژه‌های آستانهٔ بی‌هوازی و غلظت‌های لاکتات خونی ثابت شده ۳/۵ و چهار میلی‌مول در لیتر استفاده کرده‌بودند (۲۵-۱۸،۲۱). از طرفی دیگر نتایج مخالف با پژوهش حاضر را نیز چندین پژوهشگر نشان دادند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از شروع تجمع لاکتات خون، غلظت‌های لاکتات خونی ثابت شده ۳/۵ یا چهار میلی‌مول در لیتر در تخمین MLSS معتبر نیست. آن‌ها در توجیه نامعتبر دانستن OBLA به‌عنوان معیار پیش‌بین MLSS در مطالعات خود به عواملی

1. Heck
2. Figueira
3. Grossl
4. DeSouza

از قبیل تودهٔ عضلانی درگیر در فعالیت، الگوی حرکتی فعالیت مورد نظر اشاره داشتند (۲،۱۹،۲۶). همچنین دیگر پژوهش‌گران از جمله استگمن[1] و همکاران (۱۶) در سال (۱۹۸۱)، استگمن و کیندرمن[2] (۱۷) در سال (۱۹۸۲) و بالدری و گادتی[3](۲۷) در سال (۲۰۰۰) نشان دادند که چنین مقدار غلظت لاکتات خون ثابت شده تفاوت‌های درون فردی را نادیده می‌گیرد و ممکن است منجر به تصمیمات نادرست شود. از این‌رو آن‌ها اصطلاح آستانهٔ بی‌هوازی فردی[4] را مطرح کردند (۱۶،۱۷،۲۷).

بین موافقان معیار OBLA در انتخاب غلظت لاکتات خون تفاوت‌هایی وجود دارد. برای مثال هک و همکاران در (۲۱) در سال (۱۹۸۵) غلظت لاکتات خون چهار میلی‌مول در لیتر را انتخاب و بیان داشتند که این وضعیت، بازتابی از تعادل بیشینه بین لاکتات تولیدی و دفعی هنگام فعالیت‌های ورزشی تداومی می‌باشد. دلایل فیزیوژیکی این انتخاب را بیشتر به نوع تارهای عضلانی درگیر، حجم تمرین و دانسیتهٔ مویرگی در فعالیت نسبت می‌دهند؛ ولی گزارش کردند که متوسط ارزش‌های لاکتات خون هنگام فعالیت ورزشی بیشینهٔ یکنواخت، در دامنه‌ای در ارزشی حدود سه تا ۵/۵ میلی‌مول است (۲۱). در نقطهٔ مقابل، دیگر پژوهشگران نشان دادند که انتخاب غلظت لاکتات خون چهار میلی‌مول در لیتر، به‌عنوان معیاری معتبر و مناسب برای برآورد MLSS نمی‌باشد. از این رو، غلظت لاکتات خون ۳/۵ میلی‌مول را در نظر گرفتند. برای مثال جونز و داست[5](۲۸) در سال (۱۹۹۸)، دِنادایی و همکاران (۱۸) در سال (۲۰۰۴)، دِنادایی و همکاران (۲۲) در سال (۲۰۰۵) و فیگِرا و همکاران (۲۳) در سال (۲۰۰۸) فرض کردند که استفاده از غلظت لاکتات خون ۳/۵ میلی‌مول، خیلی نزدیک‌تر به OBLA و MLSS است (۱۸.۲۲.۲۳.۲۸). دِنادایی و همکاران در پژوهش خود این را تأیید کردند که اختلاف معناداری بین غلظت لاکتات خون MLSS و OBLA دقایق ۱۰ و ۳۰ وجود ندارد (۰/۹± ۳/۹ ، ۰/۸± ۳/۳ در مقابل ۰/۰± ۳/۵ میلی‌مول در لیتر). دلایل احتمالی آن‌ها این بود که مدت مراحل در انتخاب پروتکل و نوع فعالیت باید مد نظر باشد؛ چرا که ممکن است پایداری در غلظت لاکتات خون ایجاد نشود. از این‌رو غلظت لاکتات خون ۳/۵ میلی‌مول را انتخاب کردند (۲۲). نتیجهٔ جالب توجه دیگر در پژوهش حاضر این بود که مخالف با نتایج دِنادایی و همکاران (۱۸) در سال

1. Stegmann
2. Kindermann
3. Baldari, Guidetti L
4. Individual Anaerobic Thrshold
5. Jones and dust

(۲۰۰۴) و همچنین دِانادایی و همکاران (۲۳) در سال (۲۰۰۵) بود که از غلظت لاکتات خون ۳/۵ میلی‌مول استفاده کرده بودند. در پژوهش حاضر آزمودنی‌ها در اجرای آزمون فزاینده در جهت تعیین آستانهٔ لاکتات، غلظت لاکتات خون آزمودنی‌ها درست کمی بالاتر و یا کمی پایین‌تر از نقطهٔ ۳/۵ میلی‌مول بود (۰/۱۸± ۳/۴۸ میلی‌مول در لیتر). همچنین ارتباط معناداری بین غلظت لاکتات خون ۳/۵ میلی‌مول و MLSS به دست نیامد (r=0.456 ؛ ۰/۰۱± ۳/۵۱ در مقابل ۰/۰۸± ۴/۲۶ میلی‌مول در لیتر).

از طرفی دیگر باروس و همکاران (۱۹) در سال (۲۰۱۲) غلظت لاکتات خون پنج میلی‌مول را پیشنهاد کردند و خاطر نشان ساختند این مقدار معیاری مناسب‌تر نسبت به چهار میلی‌مول است. البته آن‌ها در مطالعهٔ خود از مردان تندرست و فعال استفاده کرده بودند و میانگین حداکثر اکسیژن مصرفی آن‌ها بین ۴/۹± ۴۷/۸ میلی‌لیتر/کیلوگرم بر دقیقه بود. نتایج آن‌ها نشان داد میانگین غلظت لاکتات خون در آزمودنی‌ها در MLSS برابر با ۵/۷۹ میلی‌مول بود که بیشتر از چهار میلی‌مول پیشنهادی هک و همکارانش بود. آن‌ها نتیجه گرفتند که غلظت لاکتات خون پنج میلی‌مول در برآورد MLSS مناسب‌تر است (۱۹). نتایج پژوهش حاضر، استفاده از OBLA (چهار میلی مول) را معتبر و نتایج به‌دست‌آمده از غلظت لاکتات خون نشان داد بین MLSS و OBLA ارتباط معناداری وجود دارد (r=0.736 ؛۰/۰۱± ۴/۰۳ در مقابل ۰/۰۹ ± ۴/۲۵ میلی‌مول در لیتر به ترتیب در هشت نفر از نه آزمودنی).

از طرفی دیگر زمانی که غلظت لاکتات خون پنج میلی‌مول تعیین شد، ارتباط معنادار با لاکتات خون MLSS در هشت نفر از نه آزمودنی به دست نیامد (r=0.44 ؛ ۰/۰۱± ۵/۰۱ در مقابل ۰/۰۹± ۴/۲۵ میلی مول). همچنین در بیشتر آزمودنی‌ها این غلظت لاکتات خون در مراحلی رخ داد که به‌طور میانگین دو مرحله قبل از رسیدن به حداکثر اکسیژن مصرفی اوج آن‌ها بود. بنابراین نتایج پژوهش حاضر نشان داد استفاده از غلظت لاکتات پنج میلی‌مول معیاری مناسب برای برآورد MLSS نیست. البته به‌طور احتمالی می‌توان نتیجه‌گرفت که استفاده از این مقدار غلظت لاکتات خون برای افراد سالم و تندرست که سابقهٔ فعالیت در ورزش‌های استقامتی منظم را ندارند، مناسب باشد. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده از بررسی‌های فوق، نشان دادن اینکه کدام‌یک از این متغیرها مناسب است، نیازمند بررسی بیشتر مطالعات است. از مهم‌ترین محدودیت‌های این پژوهش نوع نمونه‌گیری خونی بود که از طریق ورید بازویی انجام گرفت. با توجه به این‌که فعالیت دوچرخه‌سواری بیشتر اندام تحتانی را درگیر می‌کند، ممکن است روی نتایج تأثیرگذار باشد. دیگر محدودیت موجود در پژوهش، نمونه‌های پژوهش بودند. ورزشکاران شرکت‌کننده در این پژوهش در دورهٔ استراحت بعد از فصل بودند و ممکن است با توجه به کاهش موقتی عملکرد در این فصل در نتایج تأثیر داشته باشد. برای

پژوهش‌های آینده پیشنهاد می‌شود که با استفاده از دو گروه تمرین‌کرده استقامتی و تمرین‌نکرده به بررسی این موضوع پرداخت که کدام یک از متغیرهای OBLA-5 و OBLA برای پیش‌بینی MLSS در گروه‌ها مناسب‌تر است.

پژوهش حاضر نشان داد از طریق معادله پیش بین (Watt.MLSS =0.87 × Watt.OBLA +32.14) می‌توان MLSS را از طریق OBLA در دوچرخه‌سواران طی یک جلسه آزمون فزاینده پیش‌بینی کرد. این امر باعث کاهش در هزینه و زمان می‌شود و به مربیان و ورزشکاران در طراحی برنامه‌های تمرین کمک می‌کند.

تشکر و قدردانی

در پایان لازم می‌دانیم از جناب آقای دکتر فرهاد دریانوش رئیس وقت بخش تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه شیراز و همچنین از مدیریت محترم آزمایشگاه تخصصی دانشبد صمیمانه تشکر و قدردانی نماییم.

منابع

1) Billat VL, Sirvent P, Py G, Koralsztein JP, Mercier J. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. Sports Med. 2003;33(6):407-26.

2) Beneke R. Maximal lactate steady state concentration (MLSS): experimental and modelling approaches. Eur J Appl Physiol. 2003 Jan;88(4-5):361-9.

3) Laplaud D, Guinot M, Favre-Juvin A, Flore P. Maximal lactate steady state determination with a single incremental test exercise. Eur J Appl Physiol. 2006 Mar;96(4):446-52.

4) Leti T, Mendelson M, Laplaud D, Flore P. Prediction of maximal lactate steady state in runners with an incremental test on the field. J Sports Sci. 2012;30(6):609-16.

5) Beneke R. Methodological aspects of maximal lactate steady state-implications for performance testing. Eur J Appl Physiol. 2003 Mar;89(1):95-9.

6) Kuphal KE, Potteiger JA, Frey BB, Hise MP. Validation of a single-day maximal lactate steady state assessment protocol. J Sports Med Phys Fitness. 2004 Jun;44(2):132-40.

7) Dekerle J, Baron B, Dupont L, Vanvelcenaher J, Pelayo P. Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. Eur J Appl Physiol. 2003 May;89(3-4):281-8.

8) Pringle JS, Jones AM. Maximal lactate steady state, critical power and EMG during cycling. Eur J Appl Physiol. 2002 Dec;88(3):214-26.

9) Pardono E, Sotero Rda C, Hiyane W, Mota MR, Campbell CS, Nakamura FY, et al. Maximal lactate steady-state prediction through quadratic modeling of selected stages of the lactate minimum test. J Strength Cond Res. 2008 Jul;22(4):1073-80.

10) Billat LV. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. Recommendations for long-distance running. Sports medicine (Auckland, NZ). 1996 Sep;22(3):157-75.

11) Faude O, Kindermann W, Meyer T. Lactate threshold concepts: how valid are they? Sports Med. 2009;39(6):469-90.

12) Svedahl K, MacIntosh BR. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. Can J Appl Physiol. 2003 Apr;28(2):299-323.

13) Ghosh AK. Anaerobic threshold: its concept and role in endurance sport. Malays J Med Sci. 2004 Jan;11(1):24-36.

14) Jacobs I, Sjodin B, Kaiser P, Karlsson J. Onset of blood lactate accumulation after prolonged exercise. Acta Physiol Scand. 1981 Jun;112(2):215-7.

15) Beneke R. Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. Medicine and science in sports and exercise. 1995 Jun;27(6):863-7.

16) Stegmann H, Kindermann W, Schnabel A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. International journal of sports medicine. 1981 Aug;2(3):160-5.

17) Stegmann H, Kindermann W. Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol.l(-1) lactate. International journal of sports medicine. 1982

18) Denadai BS, Figueira TR, Favaro OR, Goncalves M. Effect of the aerobic capacity on the validity of the anaerobic threshold for determination of the maximal lactate steady state in cycling. Braz J Med Biol Res. 2004 Oct;37(10):1551-6.

19) Barros CLM, Mendes TT, Mortimer LACF, Ramos GP, Silami-Garcia E. Maximal lactate steady state: A new proposal to estimates through of an incremental test in cyclergometer. Motricidade. 2012 2012;8(S2):742.

20) Storer TW, Davis JA, Caiozzo VJ. Accurate prediction of VO2max in cycle ergometry. Medicine and science in sports and exercise. 1990 Oct;22(5):704-12.

21) Heck H, Mader A, Hess G, Mucke S, Muller R, Hollmann W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. International journal of sports medicine. 1985 Jun;6(3):117-130.

22) Denadai BS, Gomide EB, Greco CC. The relationship between onset of blood lactate accumulation, critical velocity, and maximal lactate steady state in soccer players. J Strength Cond Res. 2005 May;19(2):364-8.

23) Figueira TR, Caputo F, Pelarigo JG, Denadai BS. Influence of exercise mode and maximal lactate-steady-state concentration on the validity of OBLA to predict maximal lactate-steady-state in active individuals. J Sci Med Sport. 2008 Jun;11(3):280-6.

24) Grossl T, De Lucas RD, De Souza KM, Antonacci Guglielmo LG. Maximal lactate steady-state and anaerobic thresholds from different methods in cyclists. European Journal of Sport Science. 2011 Aug (8)17. 161-7

25) DeSouza KM, Grossl T, Babel Junior RJ, de Lucas RD, Costa VP, Guglielmo LGA. Maximal lactate steady state estimated by different methods of anaerobic threshold. 2011 Aug (8)17. 264-75.

26) Aunola S, Rusko H. Does anaerobic threshold correlate with maximal lactate steadystate? Journal of SportsSciences. 1992 1992/08/01;10(4):309-23.

27) Baldari C, Guidetti L. A simple method for individual anaerobic threshold as predictor of max lactate steady state. Med Sci Sports Exerc. 2000 Oct;32(10):1798-802.

28) Jones AM, Doust JH. The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. Medicine and science in sports and exercise. 1998 Aug;30(8):1304-13.

ارجاع دهی به روش ونکوور

قبادی حمید، معرفتی حمید. پیش‌بینی حداکثر لاکتات حالت پایدار از طریق شروع تجمع لاکتات خون طی آزمون فزاینده روی دوچرخه‌سواران جوان تمرین‌کرده. فیزیولوژی ورزشی. بهار ۱۳۹۴؛ ۷(۲۵): ۴۶-۳۳.

The prediction of maximal lactate steady state via onset blood lactate accumulation by incremental exercise test in the young trained tyclists

H. Ghobadi[1], H. Marefati[2]

1. M.Sc. of Shahid Bahonar University of Kerman
2. Assistant Professor at Sahid Bahonar University of Kerman*

Received date: 2013/12/22 **Accepted date: 2014/07/09**

Abstract

The aim of this study was to predict the maximal lactate steady state via onset blood lactate accumulation by incremental exercise test in the young trained cyclists. Nine cyclists volunteered to participate in this study. For each subject determined workload corresponding to onset blood lactate accumulation in the incremental exercise test. After that subjects performed several 30-min constant load tests for determination maximal lactate steady state. The first workload for constant load test was the workload corresponding to lactate threshold in incremental exercise test. The results demonstrated that there were significant correlation between workload corresponding onset blood lactate accumulation and maximal lactate steady state (250.22 ± 18.79 vs. 250.67 ± 16.97 watt)(r=979, P<0.001), between blood lactate concentration and mean blood lactate 10th, 20th and 30th minutes (r=0.736 , P<0.037), but there was no correlation between heart rate onset blood lactate accumulation and maximal lactate steady state(r=0.650 , P<0.058) (4.03 ± 0.01 vs. 4.25 ± 0.09 $mmol.l^{-1}$, and 182 ±5.52 vs. 183.89 ± 3.62 bpm). The regression equation to determine maximal lactate steady state is (Watt.MLSS= 0.87×Watt.OBLA+ 32.14). Thus the results of this study shown that there is a good correlation between workload corresponding to onset blood lactate accumulation and maximal lactate steady state and so this equation can predict maximal lactate steady state by single incremental test in athletics.

Keywords: Maximal Lactate Steady State, Onset Blood Lactate Accumulation, Cyclist

* Corresponding author E-mail: **:** marefati.h@uk.ac.ir