Archive of SID

حرکت
شمارهٔ ۲۰ - ص ص : ۵۳ - ۳۵
تاریخ دریافت : ۸۲/۰۷/۱۲
تاریخ تصویب: ۸۲/۰۸/۱۲

تحلیل و مقایسهٔ روش‌های مختلف تعیین آستانهٔ بی‌هوازی

حسن نورزاد دولت‌آبادی - دکتر معرفت سیاه‌کوهیان [1]
عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی تهران (مرکز) - عضو هیأت علمی دانشگاه محقق اردبیلی

چکیده

تحقیق حاضر با هدف مقایسهٔ روش‌های مختلف تعیین آستانهٔ بی‌هوازی به اجرا درآمد. بدین منظور ۱۵ نفر (با میانگین ± انحراف معیار سنی ۱/۳۲ ± ۲۱ سال، قد ۵/۲ ± ۱۷۸ سانتی‌متر، و وزن ۶/۷۸ ± ۶۴/۲ کیلوگرم) به عنوان آزمودنی‌های تحقیق انتخاب شدند. برای تعیین نقطهٔ انحراف ضربان قلب (HRDP)، از پروتکل هافمن استفاده شد. ضربان‌های قلب فعالیت آزمودنی‌ها لحظه به لحظه با استفاده از تله‌متری ثبت شد. همزمان در ۵ مرحلهٔ مختلف با استفاده از انژوکت نمونهٔ خون از سیاهرگ دست چپ آزمودنی‌ها جمع‌آوری و میزان اسید لاکتیک آن‌ها به طور آنزیماتیک اندازه‌گیری شد. در تعیین آستانهٔ بی‌هوازی با استفاده از HRDP و منحنی عملکرد ضربان قلب (HRPC)، روش‌های بلک بورن (۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه)، روش ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه، معادلهٔ ناریتا، مدل بلند بیشترین فاصله (L.Dmax) و مدل کوتاه بیشترین فاصله (S.Dmax) با روش سنجش لاکتات (روش مبنا) مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که روش S.Dmax در برآورد آستانهٔ بی‌هوازی ، روش دقیقی است و تفاوت معنی‌داری بین این روش و روش مبنا وجود ندارد (۸/۸۳ ± ۱۶۷ در برابر ۸/۱۷ ± ۱۶۸، p = ۰/۸۵). از طرف دیگر، مقایسهٔ نتایج روش بلک بورن، روش ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه، معادلهٔ ناریتا و مدل L.Dmax با روش مبنا، نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار در برآورد آستانهٔ بی‌هوازی با استفاده از HRDP بود. باتوجه به نتایج به‌دست آمده، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که روش S.Dmax می‌تواند جایگزین مطمئن روش سنتی، پرهزینه و وقت‌گیر خون‌گیری متعدد (سنجش لاکتات) شود. برهمین اساس مربیان و ورزشکاران برای تعیین آستانهٔ بی‌هوازی و کنترل شدت برنامهٔ تمرینات خود می‌توانند از این روش استفاده کنند.

واژه‌های کلیدی

آستانهٔ بی‌هوازی ، HRDP، روش Dmax، مدل ناریتا و مدل بلک بورن.

1- Email :marefat-siahkuhian@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

آستانهٔ بی‌هوازی ، به‌عنوان شدت کار یا میزان اکسیژن مصرفی (*VO2*) تعریف شده که با اسیدوز سوخت و سازی شروع شده و با تغییرات در تبادل گازهای تنفسی مرتبط است (۳۴). تعیین آستانهٔ بی‌هوازی برای برنامه‌ریزی دقیق شدت تمرینات، یکی از موضوعات مهم و مورد توجه پژوهشگران بوده است. در واقع، تعیین آستانهٔ بی‌هوازی با هدف بهینه‌سازی اجرای ورزشی ورزشکاران در میادین ورزشی صورت می‌گیرد. نظر به اینکه روش‌های مختلفی از جمله روش سنجش مستقیم میزان لاکتات خون، روش آستانهٔ تهویه، عموماً برای تعیین آستانهٔ بی‌هوازی روش‌های پرهزینه و وقت‌گیرند، برهمین اساس، در سال‌های اخیر روش‌های مختلفی برای آستانهٔ بی‌هوازی از جمله روش بلک بورن (۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه)، روش ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه، معادلهٔ ناریتا و مدل *Dmax* یا حداکثر فاصله مورد توجه قرار گرفته است (۱۵).

پیشتر کانکانی و همکارانش[1]، برای مقابله با مشکلات فوق، آزمون میدانی را برای دوندگان ارائه داده بودند (۶). باتوجه به ضعف روش کانکانی و همکارانش در تعیین آستانهٔ بی‌هوازی به روش خطی، مدل *Dmax* مطرح شد. در واقع، در روش کانکانی، به هنگام یک فعالیت یا یک کار معین که بتدریج بار آن افزایش پیدا می‌کند، ضربان قلب در طول انجام کار ثبت می‌شود. سپس منحنی افزایش ضربان قلب از خط مستقیم همزمان با افزایش بار کار، ترسیم می‌شود. در این منحنی نقطه‌ای وجود دارد که با افزایش بار کار، ضربان قلب افزایش نمی‌یابد و از خط راست منحرف می‌شود که تحت عنوان نقطهٔ شکست ضربان قلب (*HRDP*)[2] نامیده می‌شود. در روش کانکانی، معادلهٔ خط راست ضربان قلب تا قبل از *HRDP* محاسبه و خط راست مورد نظر ترسیم می‌شود. به همین ترتیب، معادلهٔ خط راست ضربان قلب پس از *HRDP* نیز محاسبه و خط راست مربوط به آن نیز ترسیم می‌شود و محل تلاقی این دو خط راست، *HRDP* را نشان می‌دهد که بنابر نظر کانکانی و همکارانش همان آستانهٔ بی‌هوازی است (۵ و ۷). با این حال، باید توجه داشت که تعیین آستانهٔ بی‌هوازی در همهٔ افراد و آزمودنی‌ها با استفاده از این روش

1- Conconi et al

2- Heart Rate Defection Point

www.SID.ir

Archive of SID

امکان‌پذیر نیست (۷، ۱۲ و ۱۴).

ناریتا و همکارانش[1] (۱۹۹۹) معادله‌ای را ارائه کردند که براساس آن آستانهٔ بی‌هوازی برآورد می‌شود (۴۱). ناریتا و همکارانش این معادله را با هدف تعیین شدت فعالیت ورزشی با استفاده از ضربان قلب، ارائه کردند. آن‌ها آستانهٔ بی‌هوازی را به‌عنوان سطح مورد نظر برای فعالیت‌های ورزشی مورد توجه قرار دادند. به همین منظور از ۴۰۵ آزمودنی (۲۲۱ مرد و ۱۸۴ زن، با میانگین ± انحراف معیار سنی ۱۲/۳ ± ۴۸/۹ سال) استفاده کردند. باتوجه به رابطهٔ موجود بین ضربان قلب در آستانهٔ بی‌هوازی با ضربان قلب حالت استراحت، سن و جنس و با استفاده از رگرسیون چندمتغیره، معادلهٔ زیر را برای برآورد ضربان قلب هدف[2] (ضربان قلب آستانهٔ بی‌هوازی) ارایه کردند:

(مرد = صفر، زن = ۱) جنس × ۷/۳ + (سن) ۰/۲۷- (ضربان قلب استراحت) ۰/۷۶ + ۷۴/۸ = ضربان قلب هدف

روش بلک بورن[3] (۰/۷×(سن-۲۲۰)) و روش ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه (۰/۹×(سن-۲۲۰) در ادبیات تحقیق برای برآورد آستانهٔ بی‌هوازی استفاده می‌شد. در این دو روش، اساس برآورد آستانهٔ بی‌هوازی ، رابطهٔ (سن - ۲۲۰) به‌عنوان حداکثر ضربان قلب فرد مورد توجه قرار گرفته است (۱۵).

در سال‌های اخیر، چنگ و همکارانش، روش جدیدی را برای تعیین آستانهٔ بی‌هوازی و آن آستانهٔ تهویه ارائه کرده‌اند که در *Dmax* نامیده می‌شود. بزرگترین مزیت روش *Dmax* است که نقطهٔ *HRDP* مورد همهٔ آزمودنی‌ها و افراد و به عبارت دیگر نقطهٔ آستانه (بی‌هوازی و تهویه) همیشه تعیین می‌شود. در واقع، در روش ملاک *Dmax* شکست ضربان قلب از خط مستقیم عمل قرار می‌گیرد. در منحنی ضربان قلب - زمان (که بار کار در آن بتدریج افزایش می‌یابد) اولین و آخرین نقطهٔ منحنی با استفاده از یک خط راست به همدیگر متصل می‌شود. مورد توجه بیشترین فاصله بین این خط راست و منحنی به عنوان باید بین *HRDP* قرار می‌گیرد. پیشنهاد

1- Narita et al

2- Target Heart Rate

3- Black born

www.SID.ir

Archive of SID

شده است که حداقل مقدار ضربان قلب برای تعیین دقیق (۳). *HRDP* ۱۴۰ تا ۱۵۰ باشد بنابراین در تحقیق حاضر به هنگام استفاده از روش *Dmax*، از داده‌های جمع‌آوری شده به دو شکل استفاده شد:

۱- همهٔ داده‌ها (ضربان‌های قلب از مرحله استراحت تا بازماندگی (روش *L.Dmax*)

۲- داده‌های (ضربان‌های قلب) بالاتر از ۱۴۰ ضربه در دقیقه تا مرحلهٔ بازماندگی (روش *S.Dmax*).

برهمین اساس، باتوجه به اهداف تحقیق، در پژوهش حاضر آستانه بی‌هوازی با استفاده از روش‌های بلک بورن (۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه)، روش ۹۰ درصد بیشینه، معادلهٔ ناریتا، و مدل *Dmax* (روش *L.Dmax* و *S.Dmax*)، همچنین روش سنجش لاکتات (روش مبنا) تعیین شد تا مشخص شود کدام‌یک از روش‌های مذکور در مقایسه با روش مبنا برآورد دقیقی از آستانهٔ بی‌هوازی را به‌دست می‌دهد.

روش تحقیق

الف) آزمودنی‌ها

آزمودنی‌های تحقیق حاضر عبارت بودند از مردان جوان فعال که در هر هفته فعالیت ورزشی انجام می‌دادند. همهٔ آزمودنی‌ها از نظر سوابق درمانی و بیماری‌ها، مصرف دارو، مصرف سیگار، میزان فعالیت روزانه و وضعیت عمومی سلامتی و تندرستی مورد ارزیابی قرار گرفته و همگن شدند. آزمودنی‌ها یک هفته پیش از شرکت در برنامهٔ تمرینی (پروتکل تمرینی)، همهٔ فعالیت‌های ورزشی را قطع کرده بودند و برنامهٔ رژیم غذایی معمولی خود را دنبال می‌کردند. مشخصات فیزیکی و فیزیولوژیکی آزمودنی‌های تحقیق حاضر در جدول ۱ ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ - ویژگی‌های جسمانی، ترکیب بدنی و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها

متغیرها	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
سن (سال)	۲۱	۱/۳۲	۲۰	۲۴
قد (سانتی‌متر)	۱۷۸	۵/۲۰	۱۶۸	۱۸۶
وزن (کیلوگرم)	۶۴/۲	۶/۷۸	۵۴	۷۲
شاخص جرم بدن (کیلوگرم / متر مربع)	۲۰/۱۸	۱/۷۹	۱۷/۲۱	۲۳/۵۱
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر /کیلوگرم / دقیقه)	۴۰/۳۴	۷/۱۹	۳۰/۴۶	۵۱/۴۸
حداکثر اکسیژن مصرفی (لیتر بر دقیقه)	۲/۵۷	۰/۳۵	۱/۹۸	۲/۹۴
فشار خون سیستول (میلی‌متر جیوه)	۱۲۲/۳۳	۱۱/۸۹	۱۱۰	۱۴۰
فشار خون دیاستول (میلی‌متر جیوه)	۷۹/۴۴	۹/۵۰	۶۰	۹۰
درصد چربی بدن	۱۱/۴۹	۲/۴۲	۸/۷۹	۱۵/۱۹
تودهٔ بدون چربی (کیلوگرم)	۵۶/۷۶	۵/۳۳	۴۹/۲	۶۵/۰۹
وزن چربی (کیلوگرم)	۷/۴۶	۲/۱۴	۴/۷۵	۱۰/۹۳
ضربان قلب استراحت (ضربه در دقیقه)	۵۸/۸۸	۵/۳۲	۶۵۰	۶۹
ضربان قلب بیشینه (ضربه در دقیقه)	۱۸۸/۸۹	۱۳/۶۹	۱۶۴	۲۰۷

به منظور اطلاع از وضعیت آزمودنی‌های تحقیق حاضر در ارتباط با عوامل اثرگذار بر نتایج تحقیق، از پرسشنامهٔ ویژه ارزیابی وضعیت فعالیت بدنی روزانه برای شرکت در اجرای پروتکل تمرینی بر روی دوچرخهٔ ارگومتر استفاده شد. در این پرسشنامه، متغیرهایی مانند استعمال دخانیات، سابقهٔ فامیلی بیماری‌های مختلف بویژه بیماری‌های قلبی - تنفسی، مصرف مواد دارویی، میزان فعالیت روزانه بویژه فعالیت‌هایی که موجب تخلیهٔ ذخایر گلیکوژنی عضلات می‌شود، مورد توجه قرار گرفته است. نظر به اینکه سن و جنس آزمودنی‌ها از جمله عوامل مؤثر در شناسایی نقطهٔ انحراف ضربان قلب است، سن و جنس آزمودنی‌ها به‌طور همگن انتخاب شد.

ب) روش ثبت ضربان قلب فعالیت

تغییرات ضربان قلب فعالیت آزمودنی‌ها در طول اجرای پروتکل تمرینی با استفاده از

www.SID.ir

Archive of SID

تله‌متری (*Polar Vantage Sport Tester XL*) لحظه به لحظه ثبت می‌شد. برای جلوگیری از بروز هرگونه خطا به هنگام ثبت لحظه به لحظهٔ ضربان قلب، از دو عدد ساعت ویژه تله‌متری استفاده می‌شد که یکی از آن‌ها روی دست آزمودنی بسته می‌شد و دومی در اختیار محقق قرار داشت. در طول اجرای پروتکل تمرینی، تعداد ضربان قلب فعالیت آزمودنی‌ها توسط دوربین فیلمبرداری در سراسر اجرای پروتکل تمرینی ضبط می‌شد.

ج) پروتکل تمرینی

پروتکل تمرینی مورد استفاده در تحقیق حاضر، شامل ۶ تا ۸ دقیقه رکاب زدن روی دوچرخهٔ ارگومتر *Tunturi* مدل ۶۰۴ بود. برای اجرای پروتکل تمرینی، آزمودنی‌ها به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه با شدتی معادل ۳۰ وات بدن خود را گرم کرده، سپس ۷۰ دور در دقیقه و با شدت ۱۴۰ وات دوچرخهٔ ارگومتر شروع به رکاب زدن می‌کردند. فشار کار در طول مراحل اجرای پروتکل تمرینی در هر دقیقه، ۲۰ وات افزایش یافت. سرعت رکاب زدن، در طول اجرای پروتکل ثابت بود (پروتکل هافمن). باتوجه به میزان آمادگی جسمانی آزمودنی‌ها، افزایش فشار کار تا آنجا ادامه می‌یافت که آزمودنی قادر نبود ریتم کار را حفظ کند و به حالت بازماندگی ارادی می‌رسید و با تشخیص محقق یا اظهار خود آزمودنی، پروتکل متوقف می‌شد.

د) روش اندازه‌گیری اسید لاکتیک

سنجش و اندازه‌گیری اسید لاکتیک خون در تحقیق حاضر، با استفاده از روش آنزیمی در آزمایشگاه بیوشیمی پاتوبیولوژی مرکزی تهران انجام شد. پلاسمای نمونه‌های جمع‌آوری شده (به اندازهٔ ۲/۵ تا ۳ میلی‌لیتر)، با فاصلهٔ زمانی ۱۰ تا ۱۵ دقیقه پس از خونگیری (مدت زمان حمل نمونه‌ها به مرکز جداسازی پلاسما) با استفاده از دستگاه سانتریفوژ جداسازی می‌شد. برای جلوگیری از لخته شدن نمونه‌های جمع‌آوری شده تا سانتریفوژ (۱۰ تا ۱۵ دقیقه)، از مادهٔ ضدانعقاد خون استفاده می‌شد. سپس با استفاده از یک پیپت در شرایط استریل، پلاسمای جداشده در یک لولهٔ جداگانه و نوجک وارد می‌شد و به صورت آنزیمی مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گرفت (۴۲). نمونه‌گیری در ۵ مرحله به ترتیب: ۱) در زمان استراحت، ۲) در ضربان

www.SID.ir

Archive of SID

قلب مدل ناریتا، ۳) در ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه (مدل بلک بورن)، ۴) در ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه، و ۵) حالت بازماندگی انجام شد.

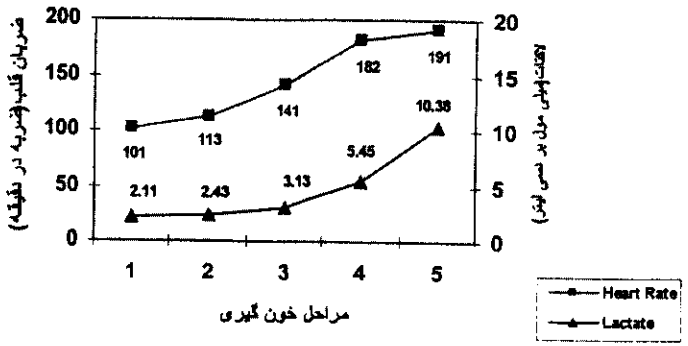
ه) روش آماری

برای مقایسهٔ روش‌های مختلف برآورد آستانهٔ بی‌هوازی با روش سنجش لاکتات، از آزمون آنالیز واریانس یک‌راهه همراه با آزمون تعقیبی *LSD* (*one way anova - LSD*) استفاده شد.

نتایج و یافته‌های تحقیق

روش اسید لاکتیک

بررسی تغییرات میزان اسید لاکتیک خون و ضربان قلب آزمودنی‌های تحقیق از مرحلهٔ استراحت تا بازماندگی (۵ مرحله) نشان داد که به‌طور میانگین، در ضربان قلبی معادل ۱۶۷ ضربه در دقیقه، میزان اسید لاکتیک خون آزمودنی‌ها به طور ناگهانی افزایش می‌یابد. اطلاعات مربوط به تغییرات میزان لاکتات و ضربان قلب آزمودنی‌ها در طول اجرای پروتکل تمرینی (۵ مرحله) در نمودار ۱ ارائه شده است.



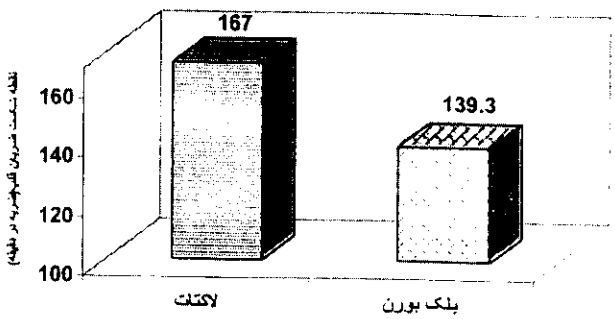
نمودار ۱ - تغییرات میزان لاکتات و ضربان قلب آزمودنی‌ها در طول اجرای پروتکل تمرینی

www.SID.ir

Archive of SID

مقایسهٔ روش بلک‌بورن با روش مبنا (سنجش لاکتات)

استفاده از روش بلک‌بورن (۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه)، حاکی از آن بود که نقطهٔ (ضربان قلب) وقوع *HRDP*، ضربان قلبی معادل ۱۳۹ ضربه در دقیقه است. مقایسهٔ دو روش سنجش لاکتات و بلک بورن حاکی از اختلاف معنی‌دار بین دو روش بوده و عدم اعتبار روش بلک‌بورن را نشان می‌دهد (۸/۸۳ ± ۱۶۷) در برابر ۰/۳ ± ۱۳۹/۳ ضربه در دقیقه) ($P \leq ۰/۰۰۱$)، (نمودار ۲).



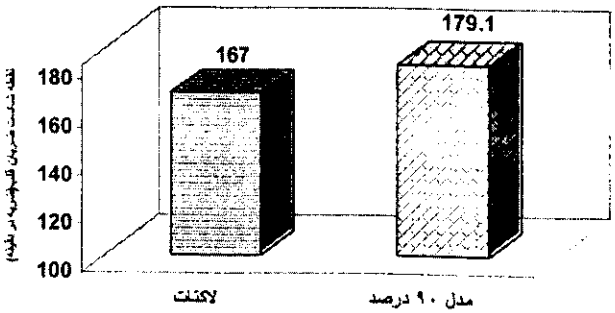
نمودار ۲ - مقایسهٔ روش سنجش لاکتات و روش بلک بورن در تعیین آستانهٔ بی‌هوازی

مقایسهٔ روش ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه با روش مبنا

مقایسهٔ نتایج مربوط به روش سنجش لاکتات با روش ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه، حاکی از اختلاف معنی‌دار بین دو روش بود (۸/۸۳ ± ۱۶۷ در برابر ۱/۱۹ ± ۱۷۹/۱ ضربه در دقیقه)، بنابراین روش ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه در برآورد آستانهٔ بی‌هوازی فاقد اعتبار است ($P \leq ۰/۰۲$)، (نمودار ۳).

www.SID.ir

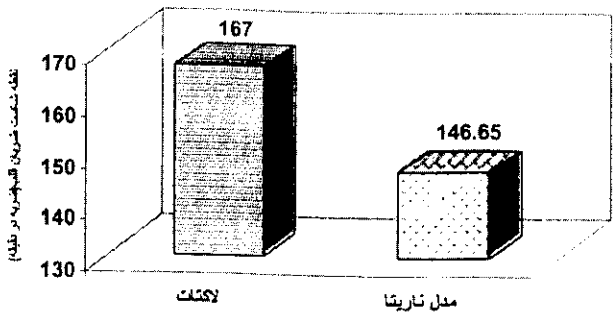
Archive of SID



نمودار ۳ - مقایسهٔ روش سنجش لاکتات و روش ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه در تعیین آستانهٔ بی‌هوازی

مقایسهٔ مدل ناریتا با روش مبنا

تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده در مورد مقایسهٔ دو روش سنجش لاکتات و روش ناریتا برای تعیین آستانهٔ بی‌هوازی با استفاده از *HRDP*، حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین دو روش بود (۸/۸۳ ± ۱۶۷، در برابر ۵/۰۲ ± ۱۴۶/۶). این یافته‌ها نشان می‌دهد معادلهٔ ناریتا در برآورد آستانهٔ بی‌هوازی فاقد اعتبار است ($P \leq ۰/۰۰۱$) (نمودار ۴).



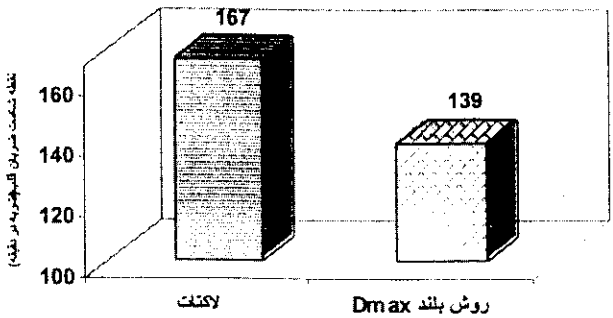
نمودار ۴ - مقایسهٔ روش سنجش لاکتات و روش ناریتا درتعیین آستانهٔ بی‌هوازی

www.SID.ir

Archive of SID

مقایسهٔ روش *L.Dmax* و روش مبنا

بررسی نتایج به‌دست آمده در مورد مقایسهٔ دو روش سنجش لاکتات و روش *L.Dmax* برای تعیین آستانهٔ بی‌هوازی با استفاده از *HRDP*، حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین دو روش بود (۸/۸۳ ± ۱۶۷) در برابر ۶/۷۳ ± ۱۳۹/۵۶). این یافته‌ها نشان می‌دهد روش *L.Dmax* در تعیین آستانهٔ بی‌هوازی ، فاقد اعتبار بوده و دقت عمل ندارد ($P \leq ۰/۰۰۱$) (نمودار ۵).



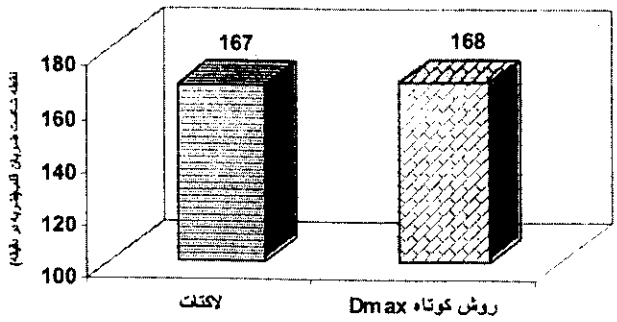
نمودار ۵ - مقایسهٔ روش سنجش لاکتات و روش L.Dmax در تعیین آستانهٔ بی‌هوازی

مقایسهٔ روش *S.Dmax* با روش مبنا

مقایسهٔ نتایج مربوط به دو روش سنجش لاکتات و *S.Dmax* نشان داد که بین دو روش مورد استفاده برای تعیین آستانهٔ بی‌هوازی با استفاده از *HRDP*، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (۸/۸۳±۱۶۷ در برابر ۸/۱۷±۱۶۸). این عدم اختلاف معنی‌دار حاکی از اعتبار *S.Dmax* در تعیین آستانهٔ بی‌هوازی است ($p = ۰/۸۵$) (نمودار ۶).

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۶ - مقایسهٔ روش سنجش لاکتات با روش S.Dmax در تعیین آستانهٔ بی‌هوازی

بحث و نتیجه‌گیری

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از اجرای تحقیق حاضر نشان داد که معادلهٔ بلک بورن برای برآورد آستانهٔ بی‌هوازی با استفاده از ضربان قلب، از اعتبار برخوردار نیست، چرا که تجزیه و تحلیل بیوشیمیایی نمونه‌های خونی که در ۵ مرحله از آزمودنی‌ها در حین اجرای پروتکل تمرینی گرفته شده بود، بیانگر این واقعیت بود که معادلهٔ بلک بورن فاقد اعتبار است. در این زمینه، مدل ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه که به‌عنوان روشی برای برآورد آستانهٔ بی‌هوازی مطرح است، در این مطالعه با روش مبنا (سنجش لاکتات) مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج نشان داد که مدل ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه نیز در برآورد آستانهٔ بی‌هوازی از دقت عمل برخوردار نبوده و فاقد اعتبار است. در عین حال، باید توجه داشت که این روش در برآورد آستانهٔ بی‌هوازی با استفاده از ضربان قلب در مقایسه با روش بلک بورن به نتایج روش مبنا (سنجش لاکتات) نزدیک‌تر بود. هرچند بین روش ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه و سنجش لاکتات اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. به نظر می‌رسد استفاده از یک فرمول و معادلهٔ ویژه برای تمامی افراد (زن یا مرد، فعال یا غیرفعال) نمی‌تواند مبین مقادیر کمّی دقیق باشد. چرا که عوامل و متغیرهای بسیار زیادی همانند سطح آمادگی فرد، جنس، صفات ژنتیکی، وضعیت

www.SID.ir

Archive of SID

تندرستی و سلامتی و... می‌تواند در پاسخ ضربان قلب او تأثیرگذار بوده و در نهایت نتایج تحقیق را تحت‌الشعاع قرار بدهد. بنابراین، روش بلک بورن و روش ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه که به‌عنوان روش‌های برآورد آستانهٔ بی‌هوازی با استفاده از ضربان قلب مطرح‌اند فاقد اعتبار می‌باشد.

ناریتا و همکارانش معادله‌ای را ارائه کرده‌اند که در آن به ضربان قلب استراحت، سن، و جنس آزمودنی توجه شده است. یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که معادلهٔ ناریتا در برآورد آستانهٔ بی‌هوازی با استفاده از ضربان قلب نشان، فاقد اعتبار است و نمی‌تواند جایگزین روش سنتی و پرهزینهٔ خون‌گیری متعدد (روش سنجش لاکتات) شود.

به‌نظر می‌رسد ناریتا و همکارانش معادلهٔ رد شده را برای قشر خاصی در منطقهٔ ویژه‌ای ارائه نموده‌اند، چرا که ضربان قلب تعیین شده به‌عنوان ضربان قلب آستانهٔ بی‌هوازی با استفاده از معادلهٔ ناریتا در مورد همهٔ آزمودنی‌های تحقیق حاضر نشان‌دهندهٔ آن بود که این معادله ضربان قلب آستانهٔ بی‌هوازی را خیلی پایین‌تر از حد واقعی (سنجش لاکتات) نشان می‌دهد. به همین دلیل، در تحقیق حاضر به جای ضربان قلب استراحت که به‌طور میانگین حدود ۶۰ ضربه در دقیقه بود. ضربان قلب پیش از فعالیت آزمودنی‌ها که به طور میانگین ۱۰۲ ضربه در دقیقه بود، قرار گرفت. در عین حال، نتایج به‌کارگیری این معادله حاکی از تخمین کمتر از حد واقعی قابل توجهی بود. باتوجه به خون‌گیری‌های متعدد در ۵ مرحله و مقایسهٔ نتایج، به‌نظر می‌رسد معادلهٔ ناریتا برای تعیین آستانهٔ بی‌هوازی با استفاده از ضربان قلب نشان فاقد اعتبار است.

داده‌های حاصل از اجرای پژوهش حاضر حاکی از اختلاف معنی‌دار بین روش *L.Dmax* و روش سنجش لاکتات بود. باتوجه به اینکه روش *L.Dmax* برای اولین بار در تحقیق حاضر مطرح و ارائه شده است وتنها در ادبیات تحقیق اشاره‌ای به نحوه جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز شده بود، در تحقیق حاضر به صورت تجربی نشان داده‌اند که به‌هنگام جمع‌آوری همهٔ داده‌های مربوط به ضربان قلب برای برآورد آستانهٔ بی‌هوازی با استفاده از *HRDP* نقطه (یا ضربان قلب) تعیین شده به‌عنوان ضربان قلب آستانهٔ بی‌هوازی ، به‌طور عمده متأثر از داده‌های مراحل اولیهٔ اجرای پروتکل تمرینی شده و در نتیجه، نقطهٔ تعیین شده کمتر از حد واقعی برآورد می‌شود. بنابراین اگرچه اعتبار دقت عمل روش *Dmax* در برآورد آستانهٔ بی‌هوازی در متون مختلف

www.SID.ir

Archive of SID

نشان داده شده است (۲۱، ۲۴، ۲۸،۱۷ ، ۱۲، ۱۱ ،۹) باید توجه داشت که کدام نوع داده در طول اجرای پروتکل تمرین مورد استفاده واقع شود بر همین اساس در تحقیق حاضر روش *L.Dmax* در برابر روش *S.Dmax* به‌صورت تجربی با روش خون‌گیری مستقیم (روش سنجش لاکتات) مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج حاصل از کاربرد روش *S.Dmax* با هدف تعیین آستانهٔ بی‌هوازی و مقایسهٔ آن با روش مرجع (اندازه‌گیری مستقیم اسید لاکتیک خون)، نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین روش *S.Dmax* و روش اندازه‌گیری اسید لاکتیک خون وجود ندارد ($p \leq ۰/۸۴$). یافته‌های تحقیق حاضر با یافته‌های پژوهشی انجام شده در این خصوص همخوانی دارد (۹، ۱۱، ۱۲، ۱۷، ۲۱، ۲۴ و ۲۸). از طرف دیگر، نتایج برخی از تحقیقات نشان داده که در پروتکل تمرینی فزاینده بویژه تحقیقاتی که روی افراد میانسال به اجرا درآمده، *HRDP* مشاهده نمی‌شود (۱، ۲، ۱۳، ۱۸، ۱۹، ۲۲، ۲۶ و ۳۵).

نکتهٔ حائز اهمیت آن است که عوامل و متغیرهای مختلفی در این خصوص می‌تواند بر نتایج تحقیق حاضر اثرگذار باشند که از جمله این عوامل می‌توان به نوع پروتکل تمرینی و روش محاسباتی مورد استفاده اشاره کرد. براساس داده‌های به‌دست آمده از تحقیق حاضر، با استفاده از مدل *S.Dmax* و مقایسهٔ آن با روش مرجع دقت و حساسیت روش *S.Dmax* در برآورد آستانهٔ بی‌هوازی مشخص می‌شود. با مراجعه به نتایج می‌توان گفت که در همهٔ آزمودنی‌های تحقیق حاضر، آستانهٔ بی‌هوازی بین مراحل سوم و چهارم خون‌گیری قرار داشته است. جایی که براساس مدل *S.Dmax*، *HDRP* نیز در آن اتفاق افتاده است. فقط در مورد یکی از آزمودنی‌های تحقیق حاضر، روش *S.Dmax* دچار برآورد بیش از حد معمول *HRDP* و در نهایت آستانهٔ بی‌هوازی شده بود. به عبارت دیگر، در مورد آزمودنی شمارهٔ ۷ *HRDP* در ضربان قلب ۱۶۱ ضربه در دقیقه برآورد شده بود (با استفاده از روش *S.Dmax*). در حالی‌که در ضربان قلب ۱۴۷ میزان اسید لاکتیک خون این آزمودنی ۴/۲ میلی مول بر لیتر بود. در عین حال باید توجه داشت که میزان اسید لاکتیک خون حالت استراحت آزمودنی مورد نظر ۳/۳ میلی مول بر لیتر بوده که حتی فراتر از *LTP1* است. به نظر می‌رسد این آزمودنی، پیش از شرکت در پروتکل تمرینی، فعالیت بدنی شدیدی انجام داده که موجب افزایش میزان اسید لاکتیک خون

www.SID.ir

Archive of SID

او شده است. از این‌رو در تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آن این موضوع مورد توجه قرار گرفت.

قابلیت *HRDP* برای سنجش و اندازه‌گیری و در نهایت تعیین آستانهٔ بی‌هوازی به دلیل وجود نتایج مختلف در ادبیات تحقیق، هنوز کاملاً روشن نیست. به‌نظر می‌رسد نوع پروتکل تمرینی مورد استفاده برای تعیین آستانهٔ بی‌هوازی یکی از عوامل مهم در پاسخ ضربان قلب به‌شمار می‌رود. به عبارت دیگر، زمانی که پروتکل تمرینی مورد نظر براساس زمان طی شده مرحله‌بندی و فازبندی شود و براساس آن بار کار افزایش یابد، *HRDP* با احتمال بیشتری رخ خواهد داد. برعکس زمانی که بار کار از پروتکل تمرینی براساس مسافت طی‌شده، تنظیم گردد. احتمال وقوع *HRPD* کاهش می‌یابد (۳۶ و ۳۸). بر همین اساس در مطالعات و تحقیقات زیادی که در این خصوص به اجرا درآمده، *HRPC* به صورت خطی بوده و *HRDP* وجود نداشته است. دی وایت، جونز و داست، ریبیرو، هافمن، پوکان و پوکان و هافمن، پانچ و هلر، و واسرمن از جمله محققان و پژوهشگرانی هستند که در مطالعات خود *HRPC* خطی را مشاهده کردند (۱، ۲، ۹، ۱۳، ۱۸، ۱۹، ۲۶، ۲۹ و ۳۵).

نظر به اینکه *HRDP* در همه آزمودنی‌های تحقیق حاضر مشاهده شد (با استفاده از روش *S.Dmax*)، نتایج تحقیق حاضر با اکثر یافته‌های پژوهشی همخوانی داشته، با این حال با یافته‌های تحقیقاتی پروبست و همکارانش همخوانی ندارد. به‌طور کلی، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که روش *S.Dmax* با استفاده از *HRDP* در یک پروتکل تمرینی فزاینده در برآورد آستانه بی‌هوازی ، بهترین و دقیق‌ترین روش است. استفاده از کل داده‌های مربوط به ضربان قلب، موجب تغییر شیب منحنی ضربان قلب – زمان می‌شود، بنابراین برآورد دقیق آستانهٔ بی‌هوازی با استفاده از روش *Dmax* ممکن نخواهد بود. باتوجه به نتایج تحقیق حاضر، مربیان، ورزشکاران و دست‌اندرکارن امر ورزش بخصوص ورزش قهرمانی، می‌توانند با استفاده از ضربان‌های قلب آزمودنی (ورزشکار) در یک فعالیت کوتاه‌مدت (۵ تا ۱۰ دقیقه) بدون صرف هزینه و وقت زیاد و اندازه‌گیری متعدد اسید لاکتیک خون به‌راحتی و به‌دقت آستانهٔ بی‌هوازی ورزشکار خود را تعیین نموده و برنامهٔ تمرینات خود را از نظر شدت، برنامه‌ریزی و زمان‌بندی کنند.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع و مآخـذ

1- De wit MJP.Der wduwe CJ, Wolfhagen, PJJM,et al. Validity of peak Oxygen detlection points. Int J Sport Med 1997, 18: PP: 201-7.

2- Jones AM. Doust JH. Lack of reliability in Conconi's heart rate deflection point. Int J Sports Med 1995; 16 :PP:541-4.

3- Kara M. Gokbel H. Bediz C, et al. Determination of the heart rate deflection point by the d_{max} method. J Sports Med Phy fitness 1996; 36: PP: 31-4.

4- Mahon AD, Vaccaro P. Can the point of deflection from linearity of heart rate determine ventilatory threshold in children? Pediatr Exerc Sci 1991;3:PP: 256-62.

5- Zacharogiannis E, Farrally M. Ventilatory threshold. heart rate deflection point and middle distance running performance. J Sports Med Phy Fitness 1993;33: PP: 337-47.

6- Schmid A, Huonder M, Aramendi JF, et al. Heart rate deflection compared to 4 mmol×1^{-1} lactate threshold during incremental exercise and to lactate during steady state exercise on an arm-cranking ergometer in paraplegic athletes. Eur J Appl Physiol 1998; 78: PP: 177-82.

7- Conconi F, Ferrari M. Ziglio PG. et al. Determination of the anaerobic APPL Physiol 1982; 56 : PP: 869-73.

8- Cellini M. Vitiello P. Nagliate A. et al. Noninvasive determination of the anaerobic threshold in swimming . Int J Sports Med 1986 ; 7 : PP:347-51.

9- Ribeiro JP, Fielding RA, Hughes V, et al. Heart rate point may coincide with the anaerobic and not the aerobic threshold. Int J Sports Med 1985; 6 : PP: 220-4.

www.SID.ir

Archive of SID

10- Maffulli N, Sjodin B, Ekblom B, Alaboratory method for moninvasive anaerobic threshold determination. J Sports Med 1987; 27 :PP: 419-23.

11- Bunc V, Hofmann P, Leinter H, et al. Verification of heart rate threshold. Eur J Appl Physiol 1995; 70: PP: 263-9.

12- Hofmann P, Bunc V. Leitner H, et al. Heart rate threshold related to lactate turn point and steady-state exericse on a cycle ergometer. Eur J Appl Physiol 1994; 69:PP: 132-9.

13- Hofmann P, Pokan R, Preidler K, et al. Relationship between heart rate threshold, lactate turn point and myocardial function. Int J Sports Med 1994;15: PP: 232-7.

14- Thorlund W, Podolin DA. Mazzeo RS. Coincidence of lactate threshold and HR-Power output threshold under varied nutritinoal states. Int J Sports Med 1994; 15:PP:301-4.

15- Cheng B. Katpers H. Sayder AC, et al. A new approach tor the dtermination of ventilatory and lactate thresholds. Int Spots Med 1992; Oct 13(7): PP: 518-22.

16- Bonder ME, Rhodes EC, Coutts KD. Reliability of a mathematical model to reproduce heart rate threshold and the relationship to ventilatory threshold [abstract]. Med Sci Sports Exerc 1998; 30 Suppl : P:320.

17- Bonder ME, Rhodes EC, Langill RH, et al. Heart rate threshold: relationship to steady state cycling at ventilatory threshold in trained cyclists [abstract]. Med Sci Sports Exerc 1999; 31 Suppl : P:1561.

18- Pokan R. Hofmann P, Von Duvillard SP, et al. The heart rate performance curve and left ventricular function during exercise in patients after myocardial infarction. Med Sci Sports Exerc 1998; 30 : PP: 1475-80.
www.SID.ir

Archive of SID

19- Pokan R. Hofmann P, Von Duvillard SP, et al. The heart tate turnpoint reliability and methodological aspects. Med Sci Sports Exerc 1999; 31 : PP: 903-7.

20- Pokan R. Hofmann P, Preidler K, et al. Correlation between inflection of heart rate / work performance curve and myocardial function in exhausting cycle ergometer exercise. Eur J Appl Physiol 1993; 67 : PP: 385-8.

21- Hofmann P, Pokan R. Lehmann M, et al. Influence of parasypathetic blockade on heart rate performance curve and blood lactate during incremental cycle ergometer exercise . The way to win : International Congress on Applied Research in Sports; 1994 Aug 9-11 : Helsinki, PP: 233-6.

22- Hofmann P. Pokan R, Scamd P. function and heart rate performance curve in healthy young and older male subects [abstract]. Int J Sports Med 1996; 17: P: S 13.

23- Pokan R, Hofmann P, Von Duvillard SP, et al. Parasympatheitc receptor blockade and the heart rate performance curve. Med Sci Sports Exerc 1998; 30 : PP: 229-33.

24- Tokmakidis SP. Leger L. External validity of the Conconi's heart rate anaerbic threshold as compared to the lactate threshold. Exerc Physiol 1988 ; 3 : PP: 43-58.

25- Foster C, Spatz P. Georgakopoulos N. Left ventricular function ing relation to the heart rate performance curve. Clin Exers Physiol 1999; 1 : PP: 29-32.

26- Droghetti P. Determination of the anaerobic threshold on a rowing ergometer by the relationship between work output and heart rate . Scand J Sports Sci 1986; 8 : PP: 59-62.

www.SID.ir

Archive of SID

27- Kuipers H, Keizer HA, de Vries T, et al. Comparison of heart rate as a non-invasive determnation of anaerobic threshold with the lactate threshold when cycling. Eur J Appl Physiol 1998; 58: PP: 303-6.

28- Tokmakidis SP, Leger LA. Comparison of mathematically determinde bolld lactate and heart rate threshold points and relationship with performance Eur J Appl Physiol 1992; 64 : PP: 309-17.

29- Bunc V. Heller J. Leso J. Kinetics of heart rate responses to exercise . J Sports Sci 1988; 6 : PP: 39-48.

30- Nikolaizik WH, Knopflib B, Leister E, et al. The anaerobic threshold in cystic fibrosis : Comparison of V-Slope method. Lactate turnpoints, and Conconi test. Pediatr Pulmonol 1998 ; 25 : PP: 147-53.

31- Gaisl G, Hofmann P. Heart rate determination of anaerobic threshold in children. Pediatr Exerc Sci 1990 ; 2 : PP: 29-36.

32- Baralki E, Zanconato S. Santuz PA, et al. A comparison of two noninvasive methods in the determination of the anaerobic threshold in children. Eur J Sports Med 1989; 10 :PP : 132-4.

33- Gaisl G, Wiesspeiner G. A noninvasive method of determining the anaerobic threshold in children. Eur J Sorts Med 1988 ; 8 : PP: 41-4.

34- Rogers KL, Reybrouck T, Weymans M, et al. The relationship between heart rate deflection and ventilatory threshold in children following heart surgery. Pediatr Exerc Sci 1995 ; 7 : PP: 263-9.

35- Wassermann K, Whipp BJ, Koyal SN , et al. Anaerobic threshold and respiratory exchange during exercise . J Apple Physiol 1973 ; 35 : PP: 236-43.

36- Pendergast D, Derretelli P, Rennie DW. Aerobic and glycolytic metabolism in arm exercise . J Appl Physiol 1979; 47 : PP: 754-60.

www.SID.ir

Archive of SID

37- Ballarin E, Sudhues U. Borsetto C, et al. Reproducibility of the Conconi test : test repeatability and observe variations . Int Sports Med 1996 ; 17 : PP: 520-7.

38- Conconi F, Borsetto C, Casonil , et al. Noninvasive dtermination of the anaerobic threshold in cyctists in medical and scrtentific aspects of cycling. in : Burke ER, Newsom MM, editors. Medical and scientific aspects of cycling. Champaign (IL) : Human Kinetics, 1998, PP: 79-91.

39- Probst H, Comminto C, Rojas J. Conconi test on the bicycle ergometer. Schweiz Z Sportmed 1989 Oct; 37(3) : PP: 141-7.

40- Fernandez - Pastor VJ, Perez F, Garcia JC, et al. Maintenance of the threshold / maximum heart rate quotient in swimmers . Rev Esp Fisiol 1997 Sep; 53(3) : PP: 327-34.

41- Narita K, Sakamoto S, Mizushige K, et al. [Development and evalution of a new target heart rate formula for the adequate exercise training level in healthy subjects]. J Cardiol 1999 May; 33(5) : PP: 265-72.

42- Titze, E., Titze Bio chemistry , 1989 . Human kinetics. 2nd edition, PP: 781-8.

www.SID.ir