

حرکت

شماره ۲۰ - ص ص : ۵۳ - ۳۵

تاریخ دریافت : ۸۲/۰۲/۱۲

تاریخ تصویب : ۸۲/۰۸/۱۲

تحلیل و مقایسه روش های مختلف تعیین آستانه بی هوازی

حسن نورزاد دولت آبادی - دکتر معرفت سیاه کوهیان^۱

عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی تهران (مرکز) - عضو هیأت علمی دانشگاه محقق اردبیلی

چکیده

تحقیق حاضر با هدف مقایسه روش های مختلف تعیین آستانه بی هوازی به اجرا درآمد. بدین منظور ۱۵ نفر (با میانگین \pm انحراف معیار سنی $۱/۳۲ \pm ۲۱$ سال، قد $۱۷۸ \pm ۵/۲$ سانتی متر، و وزن $۶/۷۸ \pm ۶۴/۲$ کیلوگرم) به عنوان آزمودنی های تحقیق انتخاب شدند. برای تعیین نقطه انحراف ضربان قلب (HRDP)، از پروتکل هافمن استفاده شد. ضربان های قلب فعالیت آزمودنی ها لحظه به لحظه با استفاده از تله متری ثبت شد. همزمان در ۵ مرحله مختلف با استفاده از انژوکت نمونه خون از سیاهرگ دست چپ آزمودنی ها جمع آوری و میزان اسید لاکتیک آن ها به طور آنزیماتیک اندازه گیری شد. در تعیین آستانه بی هوازی با استفاده از HRDP و منحنی عملکرد ضربان قلب (HRPC)، روش های بلک بورن (۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه)، روش ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه، معادله ناریتا، مدل بلند بیشترین فاصله (L.Dmax) و مدل کوتاه بیشترین فاصله (S.Dmax) با روش سنجش لاکتات (روش مینا) مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که روش S.Dmax در برآورد آستانه بی هوازی، روش دقیقی است و تفاوت معنی داری بین این روش و روش مینا وجود ندارد ($۱۶۷ \pm ۸/۸۳$ در برابر $۱۶۸ \pm ۸/۱۷$ ، $p = ۰/۸۵$). از طرف دیگر، مقایسه نتایج روش بلک بورن، روش ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه، معادله ناریتا و مدل L.Dmax با روش مینا، نشان دهنده اختلاف معنی دار در برآورد آستانه بی هوازی با استفاده از HRDP بود. با توجه به نتایج به دست آمده، می توان نتیجه گیری کرد که روش S.Dmax می تواند جایگزین مطمئن روش سنتی، پرهزینه و وقت گیر خون گیری متعدد (سنجش لاکتات) شود. بر همین اساس مربیان و ورزشکاران برای تعیین آستانه بی هوازی و کنترل شدت برنامه تمرینات خود می توانند از این روش استفاده کنند.

واژه های کلیدی

آستانه بی هوازی، HRDP، روش Dmax، مدل ناریتا و مدل بلک بورن.

مقدمه

آستانه بی‌هوایی، به‌عنوان شدت کار یا میزان اکسیژن مصرفی (VO_2) تعریف شده که با اسیدوز سوخت و سازی شروع شده و با تغییرات در تبادل گازهای تنفسی مرتبط است (۳۴). تعیین آستانه بی‌هوایی برای برنامه‌ریزی دقیق شدت تمرینات، یکی از موضوعات مهم و مورد توجه پژوهشگران بوده است. در واقع، تعیین آستانه بی‌هوایی 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 آستانه تهویه، عموماً برای تعیین آستانه بی‌هوایی روش‌های پرهزینه و وقت‌گیرند، بر همین اساس، در سال‌های اخیر روش‌های مختلفی برای آستانه بی‌هوایی از جمله روش بلک بورن (۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه)، روش ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه، معادله ناریتا و مدل D_{max} یا حداکثر فاصله مورد توجه قرار گرفته است (۱۵).

پیشتر کانکانی و همکارانش^۱، برای مقابله با مشکلات فوق، آزمون میدانی را برای دوندگان ارائه داده بودند (۶). با توجه به ضعف روش کانکانی و همکارانش در تعیین آستانه بی‌هوایی به روش خطی، مدل D_{max} 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 نقطه شکست ضربان قلب ($HRDP$)^۲ نامیده می‌شود. در روش کانکانی، معادله خط راست ضربان قلب تا قبل از $HRDP$ محاسبه و خط راست مورد نظر ترسیم می‌شود. به همین ترتیب، معادله 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 آستانه بی‌هوایی است (۵ و ۷). با این حال، باید توجه داشت که تعیین آستانه بی‌هوایی در همه افراد و آزمودنی‌ها با استفاده از این روش

امکان پذیر نیست (۷، ۱۲ و ۱۴).

ناریتا و همکارانش^۱ (۱۹۹۹) معادله ای را ارائه کردند که براساس آن آستانه بی هوازی برآورد می شود (۴۱). ناریتا و همکارانش این معادله را با هدف تعیین شدت فعالیت ورزشی با استفاده از ضربان قلب، ارائه کردند. آن ها آستانه بی هوازی را به عنوان سطح مورد نظر برای فعالیت های ورزشی مورد توجه قرار دادند. به همین منظور از ۴۰۵ آزمودنی (۲۲۱ مرد و ۱۸۴ زن، با میانگین \pm انحراف معیار سنی $۱۲/۳ \pm ۴۸/۹$ سال) استفاده کردند. با توجه به رابطه موجود بین ضربان قلب در آستانه بی هوازی با ضربان قلب حالت استراحت، سن و جنس و با استفاده از رگرسیون چندمتغیره، معادله زیر را برای برآورد ضربان قلب هدف^۲ (ضربان قلب آستانه بی هوازی) ارایه کردند:

$$\text{(مرد = صفر، زن = ۱) جنس} \times ۷/۳ + (\text{سن}) / ۲۷ - ۰ - (\text{ضربان قلب استراحت}) / ۷۶ + ۷۴/۸ = \text{ضربان قلب هدف}$$

روش بلک بورن^۳ ($۰/۷ \times (\text{سن} - ۲۲۰)$) و روش ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه ($۰/۹ \times (\text{سن} - ۲۲۰)$) در ادبیات تحقیق برای برآورد آستانه بی هوازی استفاده می شد. در این دو روش، اساس برآورد آستانه بی هوازی، رابطه (سن - ۲۲۰) به عنوان حداکثر ضربان قلب فرد مورد توجه قرار گرفته است (۱۵).

در سال های اخیر، چنگ و همکارانش، روش جدیدی را برای تعیین آستانه بی هوازی و آن آستانه تهویه ارائه کرده اند که در D_{max} نامیده می شود. بزرگترین مزیت روش D_{max} است که نقطه $HRDP$ مورد همه آزمودنی ها و افراد و به عبارت دیگر نقطه آستانه (بی هوازی و تهویه) همیشه تعیین می شود. در واقع، در روش ملاک D_{max} شکست ضربان قلب از خط مستقیم عمل قرار می گیرد. در منحنی ضربان قلب - زمان (که بار کار در آن بتدریج افزایش می یابد) اولین و آخرین نقطه منحنی با استفاده از یک خط راست به همدیگر متصل می شود. مورد توجه بیشترین فاصله بین این خط راست و منحنی به عنوان باید بین $HRDP$ قرار می گیرد. پیشنهاد

1- Narita et al

2- Target Heart Rate

3- Black born

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- همه داده‌ها (ضربان‌های قلب از مرحله استراحت تا بازماندگی (روش $L.Dmax$))

۲- داده‌های (ضربان‌های قلب) بالاتر از ۱۴۰ ضربه در دقیقه تا مرحله بازماندگی (روش

$S.Dmax$).

برهمن 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، معادله ناریتا، و مدل $Dmax$ (روش $L.Dmax$ و $S.Dmax$)، همچنین روش سنجش لاکتات (روش مبنا) تعیین شد تا مشخص شود کدام یک از روش‌های مذکور در مقایسه با روش مبنا برآورد دقیقی از آستانه بی‌هوازی را به دست می‌دهد.

روش تحقیق

الف) آزمودنی‌ها

آزمودنی‌های تحقیق حاضر عبارت بودند از مردان جوان فعال که در هر هفته فعالیت ورزشی انجام می‌دادند. همه 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 برنامه تمرینی (پروتکل تمرینی)، همه فعالیت‌های ورزشی را قطع کرده بودند و برنامه رژیم غذایی معمولی خود را دنبال می‌کردند. مشخصات فیزیکی و فیزیولوژیکی آزمودنی‌های تحقیق حاضر در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱ - ویژگی های جسمانی، ترکیب بدنی و فیزیولوژیکی آزمودنی ها

متغیرها	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
سن (سال)	۲۱	۱/۳۲	۲۰	۲۴
قد (سانتی متر)	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 (میلی لیتر/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 (میلی متر جیوه)	۱۲۲/۳۳	۱۱/۸۹	۱۱۰	۱۴۰
فشار خون دیاستول (میلی متر جیوه)	۷۹/۴۴	۹/۵۰	۶۰	۹۰
درصد چربی بدن	۱۱/۴۹	۲/۴۲	۸/۷۹	۱۵/۱۹
توده 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 آزمودنی های تحقیق حاضر در ارتباط با عوامل اثرگذار بر نتایج تحقیق، از پرسشنامه ویژه ارزیابی وضعیت فعالیت بدنی روزانه برای شرکت در اجرای پروتکل تمرینی بر روی دوچرخه ارگومتر استفاده شد. در این پرسشنامه، متغیرهایی مانند استعمال دخانیات، سابقه فامیلی بیماری های مختلف بویژه بیماری های قلبی - تنفسی، مصرف مواد دارویی، میزان فعالیت روزانه بویژه فعالیت هایی که موجب تخلیه ذخایر گلیکوژنی عضلات می شود، مورد توجه قرار گرفته است. نظر به اینکه سن و جنس آزمودنی ها از جمله عوامل مؤثر در شناسایی نقطه انحراف ضربان قلب است، سن و جنس آزمودنی ها به طور همگن انتخاب شد.

ب) روش ثبت ضربان قلب فعالیت

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

تله متری (*Polar Vantage Sport Tester XL*) لحظه به لحظه ثبت می‌شد. برای جلوگیری از بروز هرگونه خطا به هنگام ثبت لحظه به لحظه ضربان قلب، از دو عدد ساعت ویژه تله متری 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 دوچرخه 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 دوچرخه 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). با توجه 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 اندازه ۲/۵ تا ۳ میلی‌لیتر)، با فاصله زمانی ۱۰ تا ۱۵ دقیقه پس از خون‌گیری (مدت زمان حمل نمونه‌ها به مرکز جداسازی پلاسما) با استفاده از دستگاه سانتیفریژ جداسازی می‌شد. برای جلوگیری از لخته شدن نمونه‌های جمع‌آوری شده تا سانتیفریژ (۱۰ تا ۱۵ دقیقه)، از ماده ضد انعقاد خون استفاده می‌شد. سپس با استفاده از یک پیپت در شرایط استریل، پلاسمای جدا شده در یک لوله 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

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.

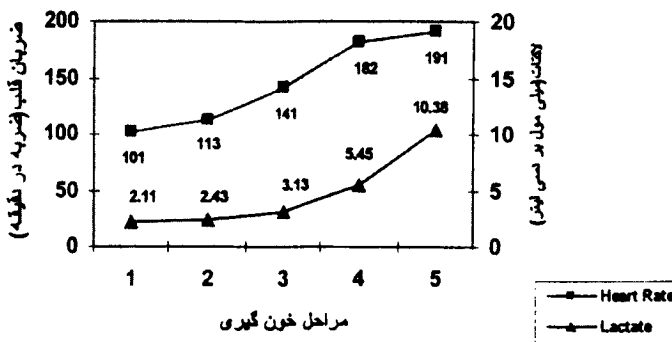
۵) روش آماری

برای مقایسه روش های مختلف برآورد آستانه بی هوازی با روش سنجش لاکتات، از آزمون آنالیز واریانس یک راهه همراه با آزمون تعقیبی LSD ($one\ way\ anova - LSD$) استفاده شد.

نتایج و یافته های تحقیق

روش اسید لاکتیک

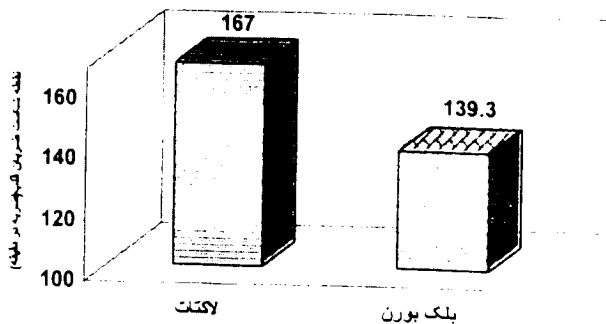
بررسی تغییرات میزان اسید لاکتیک خون و ضربان قلب آزمودنی های تحقیق از مرحله استراحت تا بازماندگی (۵ مرحله) نشان داد که به طور میانگین، در ضربان قلبی معادل ۱۶۷ ضربه در دقیقه، میزان اسید لاکتیک خون آزمودنی ها به طور ناگهانی افزایش می یابد. اطلاعات مربوط به تغییرات میزان لاکتات و ضربان قلب آزمودنی ها در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



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

مقایسه روش بلک بورن با روش مینا (سنجش لاکتات)

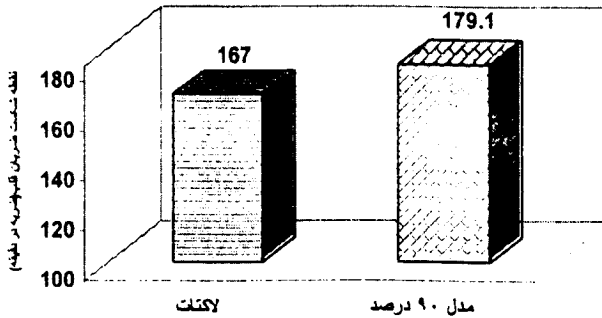
استفاده از روش بلک بورن (۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه)، حاکی از آن بود که نقطه (ضربان قلب) وقوع *HRDP*، ضربان قلبی معادل ۱۳۹ ضربه در دقیقه است. مقایسه دو روش سنجش لاکتات و بلک بورن حاکی از اختلاف معنی دار بین دو روش بوده و عدم اعتبار روش بلک بورن را نشان می دهد (۱۶۷ ± ۸/۸۳) در برابر 139.3 ± 0.3 (۱۳۹/۳ ضربه در دقیقه) ($P \leq 0.001$)، (نمودار ۲).



نمودار ۲ - مقایسه روش سنجش لاکتات و روش بلک بورن در تعیین آستانه بی هوازی

مقایسه روش ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه با روش مینا

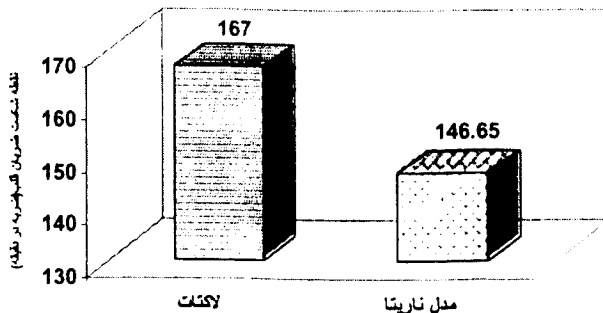
مقایسه نتایج مربوط به روش سنجش لاکتات با روش ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه، حاکی از اختلاف معنی دار بین دو روش بود (۱۶۷ ± ۸/۸۳) در برابر 179.1 ± 1.19 ضربه در دقیقه)، بنابراین روش ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه در برآورد آستانه بی هوازی فاقد اعتبار است ($P \leq 0.02$)، (نمودار ۳).



نمودار ۳ - مقایسه روش سنجش لاکتات و روش ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه در تعیین آستانه بی هوازی

مقایسه مدل ناریتا با روش مبنا

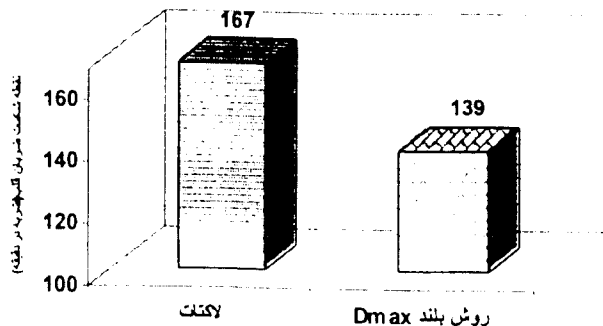
تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده در مورد مقایسه دو روش سنجش لاکتات و روش ناریتا برای تعیین آستانه بی هوازی با استفاده از *HRDP* حاکی از وجود اختلاف معنی دار بین دو روش بود (۸/۸۳ ± ۱۶۷، در برابر ۵/۰۲ ± ۱۴۶/۶). این یافته ها نشان می دهد معادله ناریتا در برآورد آستانه بی هوازی فاقد اعتبار است ($P \leq 0/001$) (نمودار ۴).



نمودار ۴ - مقایسه روش سنجش لاکتات و روش ناریتا در تعیین آستانه بی هوازی

مقایسه روش *L.Dmax* و روش مبنا

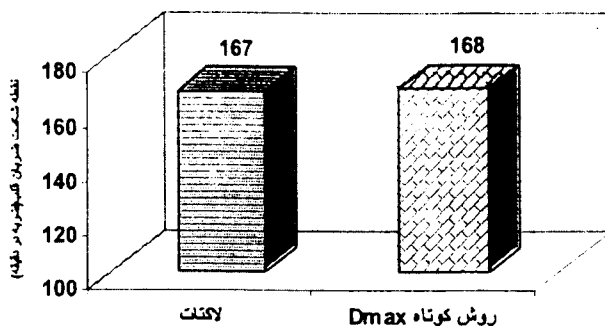
بررسی نتایج به دست آمده در مورد مقایسه دو روش سنجش لاکتات و روش *L.Dmax* برای تعیین آستانه بی هوازی با استفاده از *HRDP*، حاکی از وجود اختلاف معنی دار بین دو روش بود (۱۶۷ ± ۸/۸۳) در برابر (۱۳۹/۵۶ ± ۶/۷۳). این یافته‌ها نشان می‌دهد روش *L.Dmax* در تعیین آستانه بی هوازی، فاقد اعتبار بوده و دقت عمل ندارد ($P \leq 0/001$) (نمودار ۵).



نمودار ۵ - مقایسه روش سنجش لاکتات و روش *L.Dmax* در تعیین آستانه بی هوازی

مقایسه روش *S.Dmax* با روش مبنا

مقایسه نتایج مربوط به دو روش سنجش لاکتات و *S.Dmax* نشان داد که بین دو روش مورد استفاده برای تعیین آستانه بی هوازی با استفاده از *HRDP*، اختلاف معنی داری وجود ندارد (۱۶۷ ± ۸/۸۳) در برابر (۱۶۸ ± ۸/۱۷). این عدم اختلاف معنی دار حاکی از اعتبار *S.Dmax* در تعیین آستانه بی هوازی است ($p = 0/۸۵$) (نمودار ۶).



نمودار ۶ - مقایسه روش سنجش لاکتات با روش $S.Dmax$ در تعیین آستانه بی‌هوازی

بحث و نتیجه‌گیری

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از اجرای تحقیق حاضر نشان داد که معادلهٔ بلک بورن برای برآورد آستانه 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 آستانه بی‌هوازی مطرح است، در این مطالعه با روش مینا (سنجش لاکتات) مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج نشان داد که مدل ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه نیز در برآورد آستانه بی‌هوازی از دقت عمل برخوردار نبوده و فاقد اعتبار است. در عین حال، باید توجه داشت که این روش در برآورد آستانه بی‌هوازی با استفاده از ضربان قلب در مقایسه با روش بلک بورن به نتایج روش مینا (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 معادله ویژه برای تمامی افراد (زن یا مرد، فعال یا غیرفعال) نمی‌تواند مبین مقادیر کمی دقیق باشد. چرا که عوامل و متغیرهای بسیار زیادی همانند سطح آمادگی فرد، جنس، صفات ژنتیکی، وضعیت

تندرستی و سلامتی و... می‌تواند در پاسخ ضربان قلب او تأثیرگذار بوده و در نهایت نتایج تحقیق را تحت الشعاع قرار بدهد. بنابراین، روش بلک بورن و روش ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه که به عنوان روش‌های برآورد آستانه 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 معادله ناریتا در برآورد آستانه بی‌هوازی با استفاده از ضربان قلب نشان، فاقد اعتبار است و نمی‌تواند جایگزین روش سنتی و پرهزینه خونگیری متعدد (روش سنجش لاکتات) شود.

به نظر می‌رسد ناریتا و همکارانش معادله رد شده را برای قشر خاصی در منطقه ویژه‌ای ارائه نموده‌اند، چرا که ضربان قلب تعیین شده به عنوان ضربان قلب آستانه بی‌هوازی با استفاده از معادله ناریتا در مورد همه آزمودنی‌های تحقیق حاضر نشان‌دهنده آن بود که این معادله ضربان قلب آستانه بی‌هوازی را خیلی پایین‌تر از حد واقعی (سنجش لاکتات) نشان می‌دهد. به همین دلیل، در تحقیق حاضر به جای ضربان قلب استراحت که به طور 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. با توجه به خونگیری‌های متعدد در ۵ مرحله و مقایسه نتایج، به نظر می‌رسد معادله ناریتا برای تعیین آستانه 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. با توجه به اینکه روش $L.Dmax$ برای اولین بار در تحقیق حاضر مطرح و ارائه شده است و تنها در ادبیات تحقیق اشاره‌ای به نحوه جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز شده بود، در تحقیق حاضر به صورت تجربی نشان داده‌اند که به‌هنگام جمع‌آوری همه داده‌های مربوط به ضربان قلب برای برآورد آستانه بی‌هوازی با استفاده از $HRDP$ نقطه (یا ضربان قلب) تعیین شده به عنوان ضربان قلب آستانه بی‌هوازی، به‌طور عمده متأثر از داده‌های مراحل اولیه اجرای پروتکل تمرینی شده و در نتیجه، نقطه تعیین شده کمتر از حد واقعی برآورد می‌شود. بنابراین اگرچه اعتبار دقت عمل روش $Dmax$ در برآورد آستانه بی‌هوازی در متون مختلف

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* به صورت تجربی با روش خون‌گیری مستقیم (روش سنجش لاکتات) مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج حاصل از کاربرد روش *S.Dmax* با هدف تعیین آستانه بی‌هوازی و مقایسه 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 ($p \leq 0/04$). 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).

نکته 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 به دست آمده از تحقیق حاضر، با استفاده از مدل *S.Dmax* و مقایسه آن با روش مرجع دقت و حساسیت روش *S.Dmax* در برآورد آستانه بی‌هوازی مشخص می‌شود. با مراجعه به نتایج می‌توان گفت که در همه آزمودنی‌های تحقیق حاضر، آستانه بی‌هوازی بین مراحل سوم و چهارم خون‌گیری قرار داشته است. جایی که براساس مدل *S.Dmax* و *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 آستانه بی‌هوازی شده بود. به عبارت دیگر، در مورد آزمودنی شماره ۷ *HRDP* در ضربان قلب ۱۶۱ ضربه در دقیقه برآورد شده بود (با استفاده از روش *S.Dmax*). در حالی که 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

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

قابلیت *HRDP* برای سنجش و اندازه‌گیری و در نهایت تعیین آستانه بی‌هوازی به دلیل وجود نتایج مختلف در ادبیات تحقیق، هنوز کاملاً روشن نیست. به نظر می‌رسد نوع پروتکل تمرینی مورد استفاده برای تعیین آستانه بی‌هوازی یکی از عوامل مهم در پاسخ ضربان قلب به شمار 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 طی شده، 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. دی‌ویت، 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 آستانه بی‌هوازی با استفاده از روش *Dmax* ممکن نخواهد بود. با توجه به نتایج تحقیق حاضر، مربیان، ورزشکاران و دست‌اندرکاران 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 به راحتی و به دقت آستانه بی‌هوازی ورزشکار خود را تعیین نموده و برنامه تمرینات خود را از نظر شدت، برنامه‌ریزی و زمان‌بندی کنند.

منابع و مآخذ

- 1- De wit MJP, Der wduwe CJ, Wolfhagen, PJJM, et al. Validity of peak Oxygen detection 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 $4 \text{ mmol} \times 1^{-1}$ 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.

- 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 exercise 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.

- 19- Pokan R, Hofmann P, Von Duvillard SP, et al. The heart rate 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 parasympathetic 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, Scand P. function and heart rate performance curve in healthy young and older male subjects [abstract]. *Int J Sports Med* 1996; 17: P: S 13.
- 23- Pokan R, Hofmann P, Von Duvillard SP, et al. Parasympathetic 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 anaerobic threshold as compared to the lactate threshold. *Exerc Physiol* 1988 ; 3 : PP: 43-58.
- 25- Foster C, Spatz P, Georgakopoulos N. Left ventricular function in relation to the heart rate performance curve. *Clin Exerc 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.

- 27- Kuipers H, Keizer HA, de Vries T, et al. Comparison of heart rate as a non-invasive determination 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 determined 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 Sports 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 Appl 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.

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 cyclists 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.

