

معاونت پژوهشی و فناوری

گزارش نهایی طرح تحقیقاتی

بررسی تأثیر نوع پروتکل فزاینده نوار گردان بر آستانه هوازی بر آورد شده در مردان جوان فعال

مجری:

پروفسور معرفت سیاه کوهیان

گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی

دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی

این طرح با تصویب و حمایت مالی حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه محقق
اردبیلی اجرا گردیده است.

تابستان ۱۳۹۸

چکیده

هدف: هدف از اجرای این پژوهش بررسی تأثیر نوع پروتکل فزاینده نوار گردان بر آستانه هوازی برآورد شده در مردان جوان فعال بود. **روش‌شناسی:** تعداد ۲۰ نفر از مردان جوان فعال به صورت هدفمند، انتخاب و مورد مطالعه قرار گرفتند. آزمودنی‌ها، در جلسه اول به آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی دانشگاه محقق اردبیلی مراجعه کردند و مشخصات فیزیکی و عمومی آن‌ها موردسنجش قرار گرفت. در این مرحله، متغیرهای کنترلی همانند قد، وزن، درصد چربی و حداکثر اکسیژن مصرفی موردسنجش قرار گرفت. در جلسه دوم، سوم و چهارم، آستانه هوازی آزمودنی‌ها، در هر جلسه، با استفاده از پروتکل تمرینی کوپرز، پروتکل تمرینی سنتیجا و پروتکل تمرینی وابسته به فرد موردسنجش قرار گرفت. برای تعیین آستانه هوازی در هر سه پروتکل، از مدل بیشترین فاصله معکوس مبتنی بر HRPC استفاده شد. **نتایج:** یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که تغییر در پروتکل‌های فزاینده نوار گردان می‌تواند در برآورد آستانه هوازی تأثیر معنی‌داری داشته باشد ($P \leq 0.01$). **نتیجه‌گیری:** بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان نتیجه‌گیری نمود که پروتکل مورد استفاده به‌عنوان عامل اثرگذار در برآورد آستانه هوازی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

واژگان کلیدی: آستانه هوازی، پروتکل فزاینده نوار گردان، روش بیشترین فاصله.

فصل اول

کلیات و پیشینه پژوهش

تعریف مسئله

آستانه هوازی، به عنوان محدوده اثرگذاری تمرینات هوازی تعریف شده است. در واقع، در هنگام افزایش بارکار از شدت پایین به بالا میزان لاکتات خون تقریباً از ۲ میلی مول بر لیتر افزایش می یابد و همچنین میزان VE/VO_2 به طور نامتناسب افزایش می یابد که تحت عنوان آستانه هوازی یا LTP_1 (اولین نقطه چرخش لاکتات) تعریف می شود (بودنر و همکاران، ۲۰۰۰). اولین آستانه تهویه ای (VT_1) به عنوان افزایش در معادله تهویه ای اکسیژن (VE/VO_2) همزمان با شکست حالت خطی تهویه، بدون اینکه معادله تهویه ای دی اکسید کربن (VE/VCO_2) افزایش یابد، برآورد می شود (بیندر ۲۰۰۸). به دلیل اینکه آستانه هوازی یا LTP_1 ، به طور نزدیکی عملکرد واقعی را در رویدادهای استقامتی از قبیل دوی استقامت پیش بینی می کند، متغیری بااهمیت در زمینه فیزیولوژی ورزش و ابزار مناسبی برای کنترل شدت تمرین محسوب می شود.

روش های متعددی - اعم از تهاجمی و غیرتهاجمی - که برای برآورد آستانه ای هوازی استفاده می شود، به طور کلی مبتنی بر سنجش لاکتات و استفاده از دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی است. به هنگام استفاده از دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی برای برآورد آستانه هوازی، نسبت تهویه ریوی به بارکار (VE/WL)، نسبت تبادل تنفسی به بارکار (RER/WL)، حجم دی اکسید کربن تولیدی به بارکار (VCO_2/WL)، حجم دی اکسید کربن تولیدی به حجم اکسیژن مصرفی (VCO_2/VO_2)، در نهایت فشار سهمی اکسیژن به بارکار (PET_{O_2}/WL) به عنوان مبنایی برای تصمیم گیری مورد توجه قرار می گیرد (بیندر ۲۰۰۸). دقیق ترین روش در تعیین آستانه ای هوازی، روش تهاجمی است که مستلزم گرفتن نمونه های خونی مکرر و تعیین میزان لاکتات خون در خلال آزمون فزاینده ای استاندارد است که انجام دقیق آن پیچیده، هزینه بر و نیازمند امکانات پیشرفته ای آزمایشگاهی است. از طرف دیگر، روش های غیرتهاجمی، ماهیتی ساده و کم هزینه تر دارند که توجه فیزیولوژیست های ورزشی را به خود جلب کرده است، گرچه استفاده از دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی مستلزم وجود تجهیزات آزمایشگاهی گران قیمت می باشد (قراخانلو، ۱۳۸۶).

با توجه به ادبیات تحقیق که مدل ها و روش های تهاجمی و غیرتهاجمی مختلفی برای تعیین آستانه هوازی مورد استفاده قرار گرفته است، باین حال این سؤال هنوز باقی است که در پروتکل های فزاینده تمرینی

آیا تغییر در نوع پروتکل تمرینی فزاینده می‌تواند باعث ایجاد تغییر در آستانه هوازی برآورد شده بکند یا نه؟ به عبارت دیگر، در تحقیق حاضر مشخص خواهد شد که آیا نقطه تعیین شده به عنوان آستانه هوازی، تحت تأثیر پروتکل تمرینی مورد استفاده قرار می‌گیرد یا نه و آیا پروتکل تمرینی فزاینده نوار گردان در نقطه تعیین شده به عنوان آستانه هوازی اثرگذار خواهد بود یا نه. به همین منظور، تحقیق حاضر باهدف بررسی تأثیر نوع پروتکل فزاینده نوار گردان بر آستانه هوازی برآورد شده در مردان جوان فعال به اجرا درخواهد آمد.

ضرورت و اهمیت پژوهش

با توجه به فقدان پژوهش‌ها در زمینه تعیین آستانه هوازی با روش‌های تهاجمی و به خصوص با روش‌های غیرتهاجمی مانند منحنی عملکرد ضربان قلب، جای دارد تا در تحقیقاتی به تعیین آستانه اول هوازی با استفاده از منحنی عملکرد ضربان قلب و روش D_{max} پرداخته شود.

با در نظر گرفتن مطالعات انجام شده، آستانه هوازی و فعالیت در این شدت از اهمیت زیادی برخوردار است؛ زیرا با رسیدن به این شدت از تمرین تغییرات فیزیولوژیکی متفاوتی در بدن رخ می‌دهد. از جمله اینکه در هنگام افزایش بارکار از شدت پایین به بالا میزان لاکتات خون تقریباً از ۲ میلی‌مول بر لیتر افزایش می‌یابد و همچنین میزان VE/VO_2 به طور نامتناسب افزایش می‌یابد (بودنر و همکاران، ۲۰۰۰) که برای تجویز برنامه‌های تمرینی مناسب در جهت پیشرفت ورزشکار، درک و آگاهی از این تغییرات لازم است.

حال با توجه به ادبیات موجود و مطالعات انجام شده و فقدان داده‌های کافی در خصوص تعیین آستانه‌ی هوازی با استفاده از مدل بیشترین فاصله مبتنی بر $HRPC$ ، بنابراین هدف اصلی این مطالعه تعیین آستانه‌ی هوازی با استفاده از منحنی عملکرد ضربان قلب در طول آزمون‌های تمرینی افزایشی به عنوان یک نشانگر برای آستانه لاکتات خواهد بود. اگر بتوان رابطه‌ای برای تعیین آستانه‌ی هوازی در منحنی عملکرد ضربان قلب پیدا کرد، به نظر می‌رسد با اتکا به روش‌هایی همچون D_{max} می‌توان به راحتی آستانه‌ی هوازی را برآورد کرد. به عبارت دیگر، نتایج تحقیق حاضر، برای برآورد آستانه‌ی هوازی در ورزشکاران رشته‌های مختلف مورد اهمیت خواهد بود و مراکز ورزشی و تیم‌ها بدون نیاز به تجهیزات گران‌قیمت می‌توانند از نتایج این پژوهش استفاده نمایند. به طور کلی نظر به ماهیت طرح حاضر، اجرای این تحقیق از ابعاد ذیل اهمیت خواهد داشت:

- ۱- شناسایی پروتکل تمرینی مطلوب در استفاده از یک مدل غیرتهاجمی کم‌هزینه به‌جای روش تهاجمی و پرهزینه لاکتات،
- ۲- بهره‌گیری از پروتکل تمرینی مطلوب مبتنی بر منحنی عملکرد ضربان قلب،
- ۳- ارائه پروتکل تمرینی مطلوب و کاربردی به جامعه علمی و ورزشی کشور در برآورد آستانه هوازی،
- ۴- بهره‌گیری از نتایج این پژوهش در هیات‌ها و فدراسیون‌های مختلف،
- ۵- ارائه راهکارهای عملیاتی به ورزشکاران و مربیان،
- ۶- مقایسه تطبیقی مدل مستقیم و غیرمستقیم برآورد آستانه هوازی،
- ۷- ارزیابی کارایی پروتکل‌های فزاینده در برآورد آستانه هوازی.

سؤالات و فرضیات تحقیق

- ۱- آیا با استفاده از پروتکل کوپرز به روی نوار گردان می‌توان آستانه هوازی را برآورد نمود؟
- ۲- آیا با استفاده از پروتکل سنتیجا به روی نوار گردان می‌توان آستانه هوازی را برآورد نمود؟
- ۳- آیا با استفاده از پروتکل وابسته به فرد به روی نوار گردان می‌توان آستانه هوازی را برآورد نمود؟
- ۴- بین آستانه‌ی هوازی تعیین‌شده با استفاده از پروتکل کوپرز و پروتکل سنتیجا تفاوت معنی‌داری وجود دارد.
- ۵- بین آستانه‌ی هوازی تعیین‌شده با استفاده از پروتکل کوپرز و پروتکل وابسته به فرد تفاوت معنی‌داری وجود دارد.
- ۶- بین آستانه‌ی هوازی تعیین‌شده با استفاده از پروتکل سنتیجا و پروتکل وابسته به فرد تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

اهداف پژوهش

هدف کلی:

هدف کلی از اجرای تحقیق حاضر بررسی تأثیر نوع پروتکل فزاینده نوار گردان بر آستانه هوازی برآورد شده در مردان جوان فعال بود.

اهداف ویژه:

- ۱- تعیین آستانه‌ی هوازی با استفاده از پروتکل کوپرز.
- ۲- تعیین آستانه‌ی هوازی با استفاده از پروتکل سنتیجا.
- ۳- تعیین آستانه‌ی هوازی تعیین با استفاده از پروتکل وابسته به فرد.
- ۴- تعیین تفاوت بین آستانه‌ی هوازی تعیین شده با استفاده از پروتکل کوپرز و پروتکل سنتیجا.
- ۵- تعیین تفاوت بین آستانه‌ی هوازی تعیین شده با استفاده از پروتکل کوپرز و پروتکل وابسته به فرد.
- ۶- تعیین تفاوت بین آستانه‌ی هوازی تعیین شده با استفاده از پروتکل سنتیجا و پروتکل وابسته به فرد.

تعاریف اصطلاحات

آستانه هوازی

در هنگام افزایش بارکار از شدت پایین به بالا میزان لاکتات خون تقریباً از 2 mmol/l افزایش می‌یابد و همچنین میزان VE/VO_2 به‌طور نامتناسب افزایش می‌یابد که تحت عنوان آستانه هوازی یا LTP_1 تعریف می‌شود (بودنر و همکاران، ۲۰۰۰). منظور از LTP_1 در این تحقیق، اولین نقطه شکست ضربان قلب (HRDP) در منحنی عملکرد ضربان قلب می‌باشد که با استفاده از روش Dmax تعیین می‌شود.

نقطه شکست ضربان قلب

به هنگام انجام یک فعالیت یا یک کار معین که به تدریج بار آن افزایش پیدا می‌کند، ضربان قلب افزایشی در طول انجام کار ثبت می‌شود. سپس منحنی افزایش ضربان قلب از خط مستقیم هم‌زمان با افزایش بارکار، ترسیم می‌شود. در این منحنی نقطه‌ای وجود دارد که با افزایش بارکار، ضربان قلب افزایش نمی‌یابد و از خط

راست منحرف می‌شود که تحت عنوان نقطه‌ی شکست ضربان قلب (HRDP) نامیده می‌شود (کانکانی و همکاران، ۱۹۸۲).

روش بیشترین فاصله

در مدل Dmax (بیشترین فاصله)، نقطه‌ی انحراف ضربان قلب از خط راست در طول افزایش بارکار به‌عنوان ملاک عمل قرار می‌گیرد (بوندر و همکاران، ۲۰۰۰). به‌عبارت‌دیگر، دو انتهای منحنی ضربان قلب از طریق یک خط راست به هم متصل می‌شوند و سپس بیشترین فاصله‌ی منحنی ضربان قلب از خط راست به‌عنوان نقطه‌ی شکست ضربان قلب موردتوجه قرار می‌گیرد (کارا و همکاران^۱، ۱۹۹۹).

آستانه بی‌هوازی

در طول تمرینات فزاینده در شدت معینی، غلظت لاکتات خون به‌صورت غیرخطی افزایش می‌یابد، یا شدتی از فعالیت که غلظت لاکتات خون 4mmol/l باشد، به‌عنوان آستانه بی‌هوازی تعریف می‌شود (گوش، ۲۰۰۴). منظور از آستانه بی‌هوازی یا LTP₂ در این تحقیق، نقطه‌ی شکستی است که استفاده از روش Dmax تعیین می‌شود.

منحنی عملکرد ضربان قلب

تغییرات میزان ضربان قلب در منحنی ضربان قلب - فشار کار را منحنی عملکرد ضربان قلب می‌گویند به‌عبارت‌دیگر به هنگام یک کار تمرینی با شدت فزاینده تغییرات منحنی ضربان قلب به‌عنوان منحنی عملکرد ضربان قلب موردتوجه قرار می‌گیرد. معمولاً پس از HRDP منحنی عملکرد ضربان قلب حالت فلات به خود می‌گیرد و به‌صورت موازی با محور X ها ادامه می‌یابد. منظور از منحنی عملکرد ضربان قلب در این پژوهش مقادیر تغییرات ضربان قلب آزمودنی‌هایی است که در منحنی ضربان قلب - کار در پروتکل استانداردشده کانکانی مورد ارزیابی و سنجش قرار گرفت (سنتیجا و همکاران، ۲۰۱۷).

1. Kara et al.

مبانی نظری پژوهش

مقدمه

این بخش از پژوهش نگاه اجمالی به مبانی نظری و متون علمی پژوهش خواهد داشت. در این فصل ابتدا مروری بر برخی مفاهیم از جمله آستانه هوازی، روش بیشترین فاصله، آستانه بی‌هوازی و منحنی عملکرد ضربان قلب خواهیم داشت؛ سپس پروتکل‌های برآورد آستانه هوازی و بی‌هوازی مورد بررسی قرار گرفته است و در آخر نیز پیشینه مربوط به پژوهش بیان شده است.

آستانه هوازی

حداقل شدت و مدت تمرین با اثرگذاری بر ظرفیت هوازی، آستانه‌ی هوازی نامیده می‌شود. در هنگام افزایش بارکار از شدت پایین به بالا میزان لاکتات خون تقریباً از ۲ میلی مول بر لیتر افزایش می‌یابد و همچنین میزان VE/VO_2 به‌طور نامتناسب افزایش می‌یابد که تحت عنوان آستانه هوازی یا LTP_1 تعریف می‌شود (بودنر و همکاران، ۲۰۰۰).

آستانه‌ی بی‌هوازی

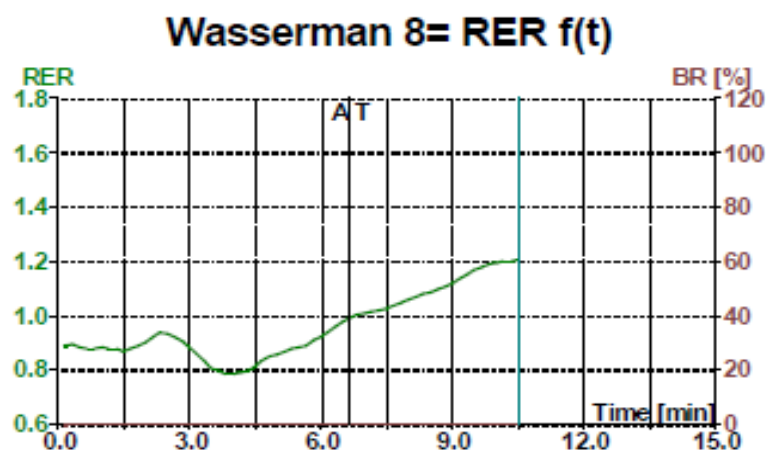
در طی افزایش شدت تمرین از پایین به بالا میزان لاکتات خون تقریباً از ۴ میلی مول بر لیتر افزایش و همچنین VE/VO_2 افزایش بیش‌تری می‌یابد که تحت عنوان آستانه بی‌هوازی یا LTP_2 نامیده می‌شود (بودنر و همکاران، ۲۰۰۰). در این شدت از تمرین اکسیژن مصرفی برای تأمین انرژی موردنیاز کافی نبوده و سطح اسیدلاکتیک عضله و خون افزایش می‌یابد، آستانه‌ی بی‌هوازی از ورزشکاری به ورزشکار دیگر متفاوت است. برای مثال، آستانه‌ی بی‌هوازی ورزشکاران غیر آماده و افراد غیر ورزشکار بین ۵۵ تا ۶۵ درصد vo_{2max} یا ۷۰ تا ۷۷ درصد حداکثر ضربان قلب آن‌هاست و این در حالی است که در ورزشکاران زبده و ورزشکاران استقامتی به بیش از ۸۰ درصد vo_{2max} یا به بیش از ۸۸ درصد حداکثر ضربان قلب می‌رسد. به‌عنوان یک اصل کلی هر چه آستانه‌ی بی‌هوازی در یک ورزشکار بیشتر باشد، موفقیت وی در فعالیت‌های استقامتی بیشتر خواهد بود (رجبی و همکاران، ۱۳۸۳).

آستانه تهویه‌ای

حجم کاری که فراتر از آن تهویه به‌طور ناگهانی در طول تمرینات با شدت فزاینده به‌صورت غیرخطی افزایش می‌یابد به‌عنوان آستانه تهویه‌ای تعریف می‌شود (بودنر و رودز، ۲۰۰۰). در این پژوهش اولین آستانه تهویه‌ای (VT_1) به‌عنوان افزایش در معادله تهویه‌ای اکسیژن (VE/VO_2) هم‌زمان با شکست حالت خطی تهویه، بدون اینکه معادله تهویه‌ای دی‌اکسید کربن (VE/VCO_2) افزایش یابد برآورد شد. همچنین دومین آستانه تهویه (VT_2) به‌عنوان شدتی که در آن معادله تهویه‌ای دی‌اکسید کربن (VE/VCO_2) شروع به افزایش می‌کند در نظر گرفته شد (سیلر و کجرلند، ۲۰۰۶).

نسبت تبادل تنفسی

برای برآورد مقدار انرژی استفاده شده توسط بدن، دانستن نوع غذاهای اکسید شده (کربوهیدرات، چربی و یا پروتئین) ضروری است. مقدار کربن و اکسیژن موجود در گلوکز، اسیدهای چرب آزاد و اسیدهای آمینه متفاوت است. به همین دلیل، مقدار اکسیژن مورد استفاده در جریان متابولیسم به نوع سوخت اکسید شده بستگی دارد. اندازه‌گیری غیرمستقیم انرژی، مقدار CO_2 آزاد شده (V_{CO_2}) و اکسیژن مصرف شده (V_{O_2}) را اندازه‌گیری می‌کند. نسبت بین این دو مقدار، نسبت تبادل تنفسی یا RER نامیده می‌شود (شکل ۱-۱). از آنجا که مقدار RER با اندازه‌گیری گازهای تنفسی تعیین می‌شود، می‌توان از آن برای تعیین ترکیب غذاهای اکسید شده استفاده کرد.



شکل ۱-۱- نمودار تعیین آستانه بی‌هوازی به روش RER

منحنی عملکرد ضربان قلب

تغییرات میزان ضربان قلب در منحنی ضربان قلب - فشار کار را منحنی عملکرد ضربان قلب می‌گویند به عبارت دیگر به هنگام یک کار تمرینی با شدت فزاینده تغییرات منحنی ضربان قلب به‌عنوان منحنی عملکرد ضربان قلب مورد توجه قرار می‌گیرد. معمولاً پس از HRDP منحنی عملکرد ضربان قلب حالت فلات به خود می‌گیرد و به‌صورت موازی با محور X ها ادامه می‌یابد (بودنر و همکاران، ۲۰۰۰). منظور از منحنی عملکرد ضربان قلب در این پژوهش مقادیر تغییرات ضربان قلب آزمودنی‌هایی است که در منحنی ضربان قلب - کار در پروتکل استاندارد شده کانکائی مورد ارزیابی و سنجش قرار گرفت.

ظرفیت کار هوازی^۱

دو عامل به‌عنوان بهترین شاخص‌های ارزیابی کننده‌ی آمادگی قلبی تنفسی افراد معرفی شده‌اند و به‌کار مورد استفاده قرار می‌گیرند این دو عبارتند از: توانایی اجرای کار هوازی و سطح توان هوازی یا حداکثر اکسیژن مصرفی (آمسترانگ، ۱۹۹۸) (آستراند، ۱۹۶۸) (لارسن و همکاران، ۲۰۰۲) (ناگل و همکاران، ۱۹۸۴). بیشترین مقدار اکسیژنی که بدن در طی بیشترین تلاش دینامیک و به‌طور پیش‌رونده در گروه عضلات بزرگ فعال و در واحد زمان از اتمسفر کسب می‌نماید در بافت‌ها به مصرف می‌رساند Vo_2max گویند (هاولی و همکاران، ۲۰۰۰) (بیست، ۱۹۹۵). فاکتورهای زیادی وجود دارد که حداکثر اکسیژن مصرفی را محدود می‌نمایند. نقش بعضی از فاکتورهایی که در زمینه محدودیت‌های تعیین Vo_2max در حال حاضر وجود

-
1. Aerobic Work Capacity
 2. Armstrong
 3. Astrand&Rodahl
 4. Larsen et al.
 5. Nagel et al.

دارند نامشخص مانده است گزارش شده است که توانایی سیستم قلبی تنفسی (قلب، ریه‌ها و خون) در انتقال اکسیژن به عضلات فعال می‌توانند عامل اصلی در محدودیت Vo_2max باشد. با افزایش بیش‌تر در بارکار بالاتر از دومین آستانه لاکتات، میزان تولید لاکتات عضلانی نسبت به میزان دفع سیستماتیک لاکتات افزایش می‌یابد. این منجر به افزایش توانی در غلظت لاکتات خون در طول تمرین فزاینده و افزایش یکنواخت غلظت لاکتات خون در طول تست بارکار ثابت می‌شود. همچنین افزایش غیرخطی بیشتر در VCO_2 و مشخص‌تر در VE مشاهده می‌شود. در این نقطه، پر تهویه‌ای به قدر کافی نمی‌تواند افزایش H^+ را جبران کند؛ و این باعث کاهش در $PETCO_2$ می‌شود (بیندر و همکاران، ۲۰۰۸).

تأثیر پروتکل تمرینی بر نقطه‌ی شکست ضربان قلب

شواهد علمی در پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که ممکن است منحنی عملکرد ضربان قلب (HRPC) به طور کامل خطی رخ بدهد (بانچ و همکاران ۱۹۸۸). به عبارت دیگر، احتمال دارد افزایش ضربان قلب با افزایش بار کار، به صورت خطی ادامه یافته و نقطه‌ی شکستی وجود نداشته باشد. بنابراین، برخی از محققان تردید دارند که نقطه‌ی شکست ضربان قلب یک پدیده‌ی فیزیولوژیک طبیعی باشد (ریبیرو و همکاران ۱۹۸۵). این محققان به هنگام سنجش نقطه‌ی شکست ضربان قلب در ۵۰ درصد از آزمودنی‌های خود با مشکل مواجه شدند و پیشنهاد کردند که منشاء بیولوژیکی نقطه‌ی شکست تا حدودی شک برانگیز است.

تفاوت‌های موجود بین پروتکل‌های آزمایشگاهی با «زمان ثابت» و پروتکل‌های میدانی با «مسافت ثابت» ممکن است به دلیل این باشد که در پیشینه تحقیق در برخی موارد وقوع نقطه‌ی شکست ضربان قلب وجود نداشته است و همچنین به هنگام وقوع، دامنه‌ی نوسان نقطه‌ی شکست ضربان قلب بالا بوده است (جونز و داست ۱۹۹۵). در پروتکل‌های با زمان ثابت، در یک فاصله‌ی زمانی معین و مشخص، بار کار افزایش می‌یابد. با این حال در پروتکل‌های با مسافت ثابت، افزایش شدت کار (معمولاً سرعت) پس از طی کردن مسافت معین صورت می‌گیرد.

پروتکل‌های با مسافت ثابت با هدف وقوع نقطه‌ی شکست ضربان قلب طراحی شده‌اند (کانکانی و همکاران ۱۹۹۶). با توجه به این که مسافت هر مرحله ثابت است، هرگونه افزایشی در شدت کار یا تمرین تنها باید با افزایش سرعت انجام شود. این کار به طور مؤثر، مدت هر مرحله را به ویژه در مراحل پایانی آزمون،

کاهش می‌دهد. فاصله‌ی زمانی بین هر مرحله به تدریج کاهش می‌یابد به طوری که سیستم گردش خون نمی‌تواند خود را با افزایش بار کار هماهنگ و سازگار نماید. از نظر بدنی این موضوع باعث می‌شود تا پاسخ ضربان قلب به افزایش بار کار هماهنگ نباشد و از خط راست منحرف شود. این کاهش در ادامه‌ی مراحل آزمون همراه با سازگاری غیر مؤثر و غیر کارآمد دستگاه قلب و تنفس نشان دهنده‌ی آن است که نقطه‌ی شکست ضربان قلب ممکن است نقطه‌ی ضعف پروتکل باشد (کانکانی و همکاران ۱۹۹۶).

پروبت و همکارانش (۱۹۸۹) نشان دادند که پروتکل تمرینی مورد استفاده در مراحل کاری مختلف با مدت زمان ثابت اجرا می‌شود، نقطه‌ی شکست ضربان قلب به ندرت مشاهده می‌شود. آنها اشاره کردند که با توجه به این که کار انجام شده در واقع هزینه‌ی انرژی دوییدن ضربدر مسافت طی شده می‌باشد، لذا در آزمون متداول (۴۰۰ متر) کانکانی در هر مرحله‌ی کاری، کار انجام شده باید ثابت باشد نه زمان. آنها نشان دادند که به هنگام رعایت موارد مذکور، نقطه‌ی شکست ضربان قلب در همه‌ی آزمودنی‌ها مشاهده می‌شود. از طرف دیگر، اوز چلیک^۱ (۲۰۰۶) نشان داده است که اعتبار نقطه‌ی شکست ضربان قلب در تعیین آستانه‌ی بی‌هوای قابل اطمینان نبوده و از این رو، محققان باید به هنگام استفاده از نقطه‌ی شکست ضربان قلب جوانب احتیاط را در نظر بگیرند، چراکه نتایج تحقیق آنها نشان داده که در اکثر موارد نقطه‌ی شکست ضربان قلب رخ نمی‌دهد و در صورت وقوع، با آستانه‌ی بی‌هوای نیز هم‌خوانی ندارد. در عین حال، نشان داده شده است که در افراد جوان فعال، نقطه‌ی شکست ضربان قلب می‌تواند هم‌زمان با حجم ضربه‌ای بیشینه‌ی قلب (SV_{max}) رخ بدهد و این موضوع حاکی از آن است که نقطه‌ی شکست ضربان قلب (HRDP) زمانی رخ می‌دهد که حجم ضربه‌ای قلب در بالاترین مقادیر خود قرار داشته و قلب با بالاترین بازده توانی و لذا در بهترین شرایط خود کار می‌کنند. همچنین نشان داده شده است که سازگاری قلبی - تنفسی نسبت به افزایش شدت کار در طول ۱۰ تا ۲۰ ثانیه اتفاق می‌افتد. این سازگاری زمانی صورت می‌گیرد که افزایش سرعت ۰/۵ کیلومتر بر ساعت یا کمتر باشد.

^۱. Ozcelik O.

واکون و همکارانش^۱ (۱۹۹۶) ضربان قلب حالت یکنواخت در طول ۱۵ تا ۳۰ ثانیه را به هنگام استفاده از پروتکل کانکانی گزارش کردند. در پروتکل یاد شده فاصله‌ی زمانی^۲ بین آغاز نقطه‌ی شکست ضربان قلب و شروع آخرین افزایش سرعت (شتاب) با هدف به پایان رساندن آزمون، برای سازگاری دستگاه قلبی - عروقی کافی بود. با این حال، کانکانی و همکارانش گزارش کردند که در دوندگان، افزایش سرعت نهایی پس از نقطه‌ی شکست ضربان قلب رخ می‌دهد. بررسی ارتباط بین متغیرهای قابل سنجش آزمایشگاهی و ضربان قلب در طول یک مسابقه فوق ماراتون از سوی لارسن و همکارانش^۳ (۲۰۰۵) ورد توجه قرار گرفته است. آنها نشان دادند که ورزشکاران رشته‌ی فوق ماراتون به روی چرخ کارسنج و نوار گردان با شدت تمرینی تقریباً آستانه‌ی تهویه‌ی اول^۴ به تمرین و فعالیت می‌پردازند. به عبارت دیگر، شدت فعالیت ورزشکاران فوق ماراتون در شرایط آزمایشگاهی به روی چرخ کارسنج و نوار گردان معادل آستانه‌ی تهویه‌ی اول می‌باشد.

شاید با خوش بینی بتوان گفت که نقطه‌ی شکست ضربان قلب در پروتکل‌های با مراحل ثابت با استفاده از دوچرخه ارگومتر و نوار گردان قابل مشاهده است. در پروتکل‌های دوچرخه ارگومتر و نوار گردان با اجرای مراحل مختلف، زمان مراحل انجام کار کاهش نمی‌یابد (بارالدی و همکاران ۱۹۸۹). این موضوع نشان می‌دهد که نقطه‌ی شکست ضربان قلب نقطه‌ی ضعف پروتکل مورد استفاده می‌باشد.

پوکان و همکارانش (۱۹۹۸) گزارش کردند که گرچه صددرصد آزمودنی‌های شرکت کننده ($n=8$) با استفاده از پروتکل میدانی کانکانی نقطه‌ی شکست ضربان قلب را از خود نشان دادند، با این حال، تنها ۵۰ درصد از آزمودنی‌ها ($n=4$) با استفاده از پروتکل نوار گردان با زمان ثابت نقطه‌ی شکست ضربان قلب را از خود نشان دادند؛ بنابراین، میزان انحراف HR، بستگی زیادی به نوع پروتکل مورد استفاده دارد. پروتکل‌های نوار گردان که براساس زمان معین (ثابت) بار کار در آنها افزایش می‌یابد (آزمون ۱ و آزمون ۲ در جدول ۲-۲) با پروتکل‌های نوار گردان که با افزایش سرعت حرکت آغاز می‌شوند (آزمون ۳)، مورد مقایسه قرار گرفته‌اند (واسرمن و همکاران ۱۹۸۷). مرحله‌ی شتاب‌گیری که در بین مرحله‌ی I و مرحله‌ی II شروع می‌شود، آزمون ۴ را به وجود آورده است.

-
1. Vachon et al.
 2. Time Lag
 3. Laursen et al.
 4. First Ventilatory Threshold

مردان جوانی که ($n=11$) در آزمون‌های مبتنی بر زمان، دارای نقطه‌ی شکست ضربان قلب مشخص بودند، میزان انحراف HR آنها در آزمون ۳ و آزمون ۴ (جدول ۲-۲) که توسط K_{HR} مشخص می‌شود، به طور معنی‌داری تغییر یافته بود، در حالی که نقطه‌ی شکست ضربان قلب تغییر نکرده بود (179 ± 10) در برابر 176 ± 8 ضربه در دقیقه و 178 ± 12 در برابر 177 ± 10 ضربه در دقیقه برای آزمون‌های یک تا چهار). از طرف دیگر، آزمودنی‌هایی که ($n=7$) نقطه‌ی شکست ضربان قلب خطی در آزمون‌های مبتنی بر زمان از خود نشان داده‌اند، در پروتکل‌های دارای مرحله‌ی شتاب (آزمون ۳ و ۴ در جدول ۲-۲) بوده و نقطه‌ی شکست ضربان قلب از خود نشان داده‌اند (نقطه‌ی شکست ضربان قلب 180 ± 10 در برابر 190 ± 11 ضربه در دقیقه) (پوکان و همکاران ۱۹۹۸). این محققان نتیجه‌گیری کردند که پروتکل‌های تمرینی که شامل افزایش غیرخطی زمان یا سرعت هستند، فاقد اعتبار می‌باشند.

با استفاده از چرخ کارسنج نشان داده شده است که اگر کار اولیه به روی چرخ کارسنج ۲۵ وات تنظیم شده و در هر دقیقه ۲۵ وات به بار کار اضافه شود تا جایی که آزمودنی‌ها نتوانند به رکاب‌زنی ادامه بدهند و به حالت درماندگی برسند، در اکثریت آزمودنی‌ها نقطه‌ی شکست ضربان قلب (HRDP) رخ نمی‌دهد و نمی‌توان نقطه‌ی شکست ضربان قلب را تشخیص داد.

پیشینه پژوهش

تحقیقات انجام گرفته در زمینه استفاده از پروتکل‌ها برآورد آستانه‌ها در پیشینه‌ی تحقیق، روش‌هایی که برای تعیین آستانه‌ها لاکتات وجود دارد به‌طور کلی به دو روش تهاجمی و غیر تهاجمی تقسیم می‌شود.

روش تهاجمی

روش‌های تهاجمی دقیق‌ترین روش‌ها در تعیین آستانه‌ی بی‌هوازی اند که مستلزم گرفتن نمونه‌های خونی متعدد است. از سویی، روش‌های غیر تهاجمی مختلفی برای برآورد آستانه‌ی بی‌هوازی و هوازی وجود دارد که این روش‌ها بر ارتباط بین ضربان قلب- بارکار و تعیین نقطه شکست ضربان قلب (HRDP) (چمورا و

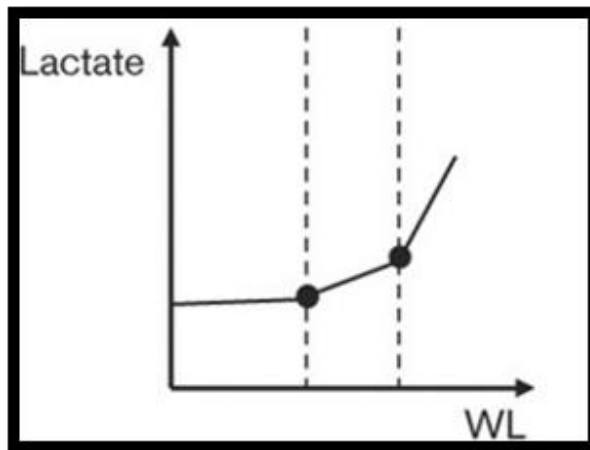
همکاران^۱، ۲۰۱۰؛ راجرز و همکاران^۲، ۱۹۹۵) یا تغییر در پارامترهای گازی و تعیین نقطه جبران تنفس استوارند(کیانی و همکاران، ۲۰۰۹).

افزایش غلظت لاکتات خون در طول افزایش فزاینده بارکار با استفاده از مدل دو نقطه به جای مدل‌های که تداومی یا یک نقطه شکست دارند بهتر توصیف می‌گردد (بیندر و همکاران، ۲۰۰۸). تعدادی از مطالعات توصیف کردند که دو آستانه تهویه‌ای یا آستانه لاکتات در طول تمرین تا خستگی وجود دارد(بیندر و همکاران، ۲۰۰؛ اسکینر و مکلیلان، ۱۹۸۰). اصطلاحات زیادی برای آستانه اول و آستانه دوم تعریف شده است. مطابق با پیشنهاد اسکینر و مکلیلان (۱۹۸۰) آستانه اولیه «آستانه هوازی» و آستانه دوم «آستانه بی-هوازی» نامیده می‌شود.

در طی افزایش بارکار از شدت پایین به بالا زمانی که میزان لاکتات خون تقریباً از ۲ میلی مول افزایش یابد که مصادف با افزایش نامتناسب میزان VE/VO_2 است، تحت عنوان آستانه هوازی یا LTP_1^3 تعریف می‌شود در ادامه با افزایش شدت تمرین میزان لاکتات خون تقریباً از ۴ میلی مول افزایش و میزان VE/VO_2 افزایش بیشتری می‌یابد که تحت عنوان آستانه بی‌هوازی یا LTP_2^4 نامیده می‌شود(بودنر و همکاران ۲۰۰۰).

اولین نقطه چرخش لاکتات ممکن است در سطح لاکتات خون تقریباً ۲ میلی مول رخ دهد. با افزایش بارکار فراتر از اولین آستانه لاکتات فرد به نقطه‌ای می‌رسد که در آن تولید لاکتات برابر با ظرفیت بیشینه دفع لاکتات است، این نقطه (حالت یکنواخت لاکتات بیشینه) یا $MLSS^5$ نامیده می‌شود. از طریق رگرسیون درجه سه می‌توان دو نقطه آستانه لاکتات را در روی نمودار مشاهده کرد (شکل ۱-۲). نشان داده شده است که (دومین نقطه چرخش لاکتات) با $MLSS$ مرتبط است که در این نقطه سطح لاکتات خون نزدیک به ۴ میلی مول بر لیتر است (بودنر و همکاران، ۲۰۰۰).

-
1. Chmura et al.
 2. Rogerset al.
 3. First Lactate Turnpoint.
 4. Second Lactate Turnpoint.
 5. Maximal lactate steady state.



شکل ۱-۲- افزایش منحنی خطی لاکتات خون در ارتباط با بارکار

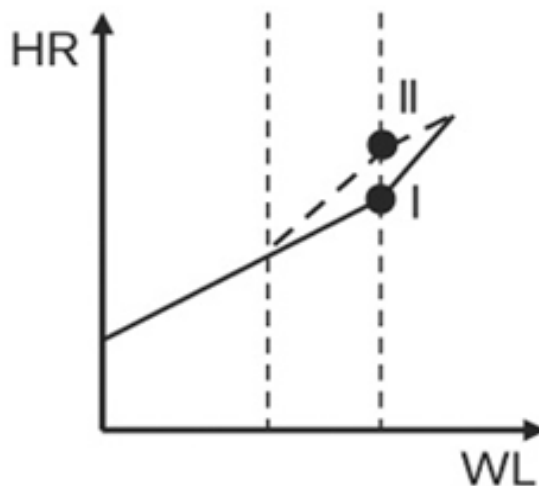
روش های غیر تهاجمی

روش های غیر تهاجمی ارائه شده برای برآورد آستانه بی‌هوازی، در دو بخش میدانی و آزمایشگاهی طراحی و ارائه شده اند. مطالعات میدانی در خصوص تعیین آستانه بی‌هوازی و نقطه‌ی شکست ضربان قلب شامل دویدن (کانکانی و همکاران، ۱۹۸۲)، شنا (سلینی و همکاران، ۱۹۸۶)، پاروژنی (فاستر و همکاران، ۱۹۹۹)، دوچرخه سواری (بورجویس و همکاران، ۱۹۹۸)، قایقرانی، اسکی استقامتی، اسکی معمولی، اسکی روی یخ، پیاده روی (فاستر و همکاران، ۱۹۹۹) و قایق رانی از نوع کایاک (مافولی و همکاران، ۱۹۸۷) بوده است. در این آزمون ها برای افزایش شدت کار، پس از تعیین مسافت، آزمودنی سرعت خود را به تدریج افزایش می دهد. گرچه آزمونهای میدانی به ماهیت واقعی فعالیت های مختلف ورزشکاران شباهت بیشتری دارند، ولی آزمونهای آزمایشگاهی از شرایط کاملاً کنترل شده ای برخوردارند (بودنر و همکاران، ۲۰۰۲). تحقیقات مختلف در این زمینه ابتدا بر روی دوچرخه ارگومتر انجام شده است (بارالدی و همکاران، ۱۹۸۹). برعکس پروتکل های میدانی، پروتکل های آزمایشگاهی عموماً دارای (مراحل زمانی ثابت) هستند که بارکار به شکل افزایش سرعت یا افزایش وات، در فاصله زمانی منظم، بالا می رود (جونز و همکاران، ۱۹۹۵).

ازجمله آزمون های آزمایشگاهی در تعیین آستانه بی‌هوازی و نقطه شکست ضربان قلب پروتکل جونز و داست، کوپیر و همکاران و گسیل و هافمن می باشد که به صورت مراحل زمانی ثابت (کوپیر و همکاران) یا

به صورت افزایش سرعت در مسافت تعیین شده (پروتکل جونز و داست، گسیل و هافمن) اجرا می شود (بودن و همکاران، ۲۰۰۰).

شکستی را می توان در نمودار خطی ضربان قلب در مقابل بارکار تعیین کرد که (نقطه شکست ضربان قلب) نامیده می شود. این نقطه شکست در دومین آستانه اتفاق می افتد نه در اولین آستانه (شکل ۱-۳). به طوری که این «نقطه چرخش ضربان قلب» همیشه اتفاق نمی افتد و آن ممکن است به عنوان یک متغیر فیزیولوژیکی قابل تعمیم مناسب نباشد. خمیدگی به سمت بالا (I) ممکن است به کاهش در عملکرد بطن چپ اشاره کند و بیشتر در بیماران کرونر قلبی نشان داده می شود، در حالی که شکست (II) بیش تر یک پدیده فیزیولوژیکی است که تقریباً در ۸۵ درصد از افراد بالغ سالم در آستانه دوم مشاهده می شود.



شکل ۱-۳- منحنی ضربان قلب در مقابل بارکار

در زمینه ی پروتکل های مسافت ثابت، کانکائی و همکاران یک روش ساده و غیرتهاجمی برای برآورد آستانه ی بی هوازی (AT) پیشنهاد کردند که مبتنی بر رابطه ی بارکار و ضربان قلب است. اوزچلیک و همکاران (۲۰۰۶) با انجام پروتکل کانکائی و همکاران بیان کردند که زمانی که شدت تمرین از شدت هوازی به بی هوازی افزایش پیدا می کند، یک نقطه ی انحراف در رابطه ی ضربان قلب - بارکاری، اتفاق می افتد که با AT مصادف است (اوزچلیک و همکاران، ۲۰۰۶). این آزمون به دلیل ساده و غیرتهاجمی بودن محبوبیت زیادی پیدا کرده است.

Survey on the effect of the treadmill exhaustive test protocol on the predicted aerobic threshold in the active young men

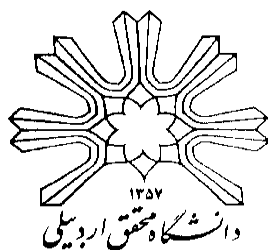
Marefat Siahkouhian

Abstract

Aim: The purpose of this study was to survey on the effect of the treadmill graded test protocol on the predicted aerobic threshold in the active young men.

Methodology: 20 active young men were selected on a targeted basis as subjects and studied. The subjects attended the first session of the sport Physiology Laboratory of Mohaghegh Ardabili University and their physical and general characteristics were measured. At this stage, control variables such as height, weight, fat percentage and maximum oxygen consumption were measured. In the second, third and fourth sessions, the aerobic thresholds of the subjects were measured in each session using the Kuipers, Sentiga as well as the self dependent protocols, respectively. Repeated measure followed by the bonferroni post hoc tests were used for data analysis. In order to determine the aerobic threshold in all three protocols, the HRPC-based inverse Dmax model was used. **Results:** The results of this study showed that the changes in the loading pattern of the exhaustive treadmill test protocols significantly affects on the predicted aerobic threshold ($P \leq 0.01$). **Conclusion:** Based on the results of this study, it can be concluded that the protocol used as an effective factor in estimating aerobic threshold.

Key Words: Aerobic threshold, Treadmill exhaustive test protocol, Maximum distance method (Dmax).



University of Mohaghegh Ardabili

Final Report of Research Project

**Survey on the effect of the treadmill exhaustive
test protocol on the predicted aerobic threshold
in the active young men**

Marefat Siahkouhian

Department of Sports Sciences

Faculty of Educational Sciences and Psychology

**This Research Project Has Been Financially Supported by the Office of
Vice Chancellor for Research**

Summer 2019