

مقایسه پروتکل وابسته به زمان در برابر پروتکل‌های وابسته به مسافت در تعیین نقطه شکست ضربان قلب (HRDP) در بین دانشجویان پسر فعال

*مریم داسگر^۱، دکتر معرفت سیاه‌کوهیان^۲، آیدین ولی‌زاده^۳، دکتر عباس نقی‌زاده^۴، مهدی فراموشی^۵

تاریخ دریافت مقاله: ۸۸/۴/۲۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۹/۱/۲۵

چکیده

هدف از اجرای این تحقیق مقایسه پروتکل وابسته به زمان، در برابر پروتکل‌های وابسته به مسافت، در تعیین نقطه شکست ضربان قلب (HRDP) در بین دانشجویان پسر فعال دانشگاه محقق اردبیلی است. بدین منظور ۳۰ نفر (با میانگین \pm انحراف معیار سنی $21/8 \pm 0/2$ سال، قد 173 ± 2 سانتی‌متر، وزن $68/1 \pm 2/1$ کیلوگرم، $46/83 \pm 2/1$ Vo2max میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه) به صورت داوطلبانه در تحقیق شرکت کردند. آزمودنی‌ها در سه جلسه مجزا، با حداقل فاصله ۷۲ ساعت، سه آزمون فزاینده را تا سرحد واماندگی انجام دادند. آزمون‌ها شامل پروتکل وابسته به زمان کوپیر و همکاران و پروتکل‌های وابسته به مسافت جونزو داست، گیسل و هافمن بود. برای تعیین نقطه انحراف ضربان قلب در هر یک از پروتکل‌ها، ضربان‌های قلب فعالیت آزمودنی‌ها لحظه به لحظه، با استفاده از تله‌متری (مدل پولار) ثبت شد. برای تعیین HRDP و منحنی عملکرد ضربان قلب (HRPC)، از نرم‌افزار ویژه و روش بیشترین فاصله (Dmax) استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل نتایج داده‌ها از روش آماری آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) با اندازه‌های مکرر (آزمون تعقیبی بونفرنی) استفاده شد. یافته‌ها نشان می‌دهد در همه آزمودنی‌ها و در هر سه پروتکل تمرینی وابسته به زمان و مسافت، HRDP به‌طور میانگین برای پروتکل کوپیر و همکاران $HRmax 88\%$ ، پروتکل جونزو و داست $HRmax 86\%$ و پروتکل گیسل و هافمن $HRmax 84\%$ مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد بین مقادیر میانگین‌های HRDP در دو آزمون کوپیر و همکاران و

۱ و ۵. دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزش دانشگاه محقق اردبیلی

۲. دانشیار گروه تربیت بدنی دانشگاه محقق اردبیلی

۳. عضو هیئت علمی گروه تربیت بدنی دانشگاه محقق اردبیلی

۴. استادیار دانشگاه علوم پزشکی اردبیل

جونز و داست اختلاف معنی‌دار وجود ندارد ($F=0/211$ و $P=0/675$)، اما بین مقادیر میانگین‌های HRDP در دو آزمون کویبر و همکاران و گیسل و هافمن و همچنین جونزو داست، گیسل و هافمن اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود ($P<0/05$). با توجه به نتایج می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که با استفاده از هر سه پروتکل تمرینی بر روی نوارگردان، با بهره‌گیری از روش Dmax، می‌توان HRDP را تعیین نمود.

واژه‌های کلیدی: آستانه بی‌هوازی، نقطه شکست ضربان قلب، پروتکل وابسته به زمان و مسافت.

مقدمه

در علم تربیت بدنی و پزشکی، پروتکل‌های مختلفی برای تعیین سطح آمادگی افراد معرفی شده است. در طول اجرای فعالیت‌های ورزشی، نقطه عبور از متابولیسم هوازی به بی‌هوازی، برای تعیین سطح مناسب شدت فعالیت‌های ورزشی استفاده می‌شود. از این‌رو، نقطه شکست ضربان قلب (HRDP) برای ارزیابی و برنامه‌ریزی تعیین شدت تمرینات هوازی استفاده می‌شود (۱). HRDP، در واقع نقطه انحراف ضربان قلب از خط مستقیم، در ارتباط بین بار کار و ضربان قلب است که در طول یک بار کار فزاینده رخ می‌دهد (۲). به‌طور کلی، پروتکل‌های ارائه شده برای وقوع HRDP در دو بخش میدانی و آزمایشگاهی طراحی و ارائه شده است. مطالعات میدانی در خصوص تعیین HRDP شامل دویدن (۳)، شنا (۴)، پاروونی (۵)، دوچرخه‌سواری (۶)، قایق‌رانی، اسکی استقامتی، اسکی معمولی، اسکی روی یخ، پیاده‌روی (۵) و قایق‌رانی از نوع کایاک (۷) بوده است. در این آزمون‌ها برای افزایش شدت کار، پس از تعیین مسافت، آزمودنی سرعت خود را به تدریج افزایش می‌دهد. گرچه آزمون‌های میدانی به ماهیت واقعی فعالیت‌های مختلف ورزشکاران شباهت بیشتری دارند، ولی آزمون‌های آزمایشگاهی در تجزیه و تحلیل HRDP از شرایط کاملاً کنترل شده‌ای برخوردارند (۸). تحقیقات مختلف در این زمینه ابتدا بر روی دوچرخه ارگومتر انجام شد (۹)، بدین‌گونه که نواخت فعالیت یا، ثابت و از قبل تعیین شده بود (۱۰) یا توسط خودآزمودنی انتخاب می‌شد (۱۱). ارگومتری به صورت پاروونی (۶)، دویدن روی نوارگردان (۱۲) و ارگومتری با استفاده از بازوها^۱ (۱۳) نیز برای تعیین HRDP استفاده می‌شد. عکس پروتکل‌های میدانی، پروتکل‌های آزمایشگاهی عموماً دارای «مراحل زمانی ثابت» هستند که بار کار به شکل افزایش سرعت یا افزایش وات، در فاصله زمانی منظم، بالا می‌رود. تفاوت‌های موجود بین پروتکل‌های آزمایشگاهی با «زمان ثابت» و

پروتکل‌های میدانی با «مسافت ثابت» ممکن است به این دلیل باشد که در پیشینه تحقیق، در برخی موارد وقوع HRDP مشخص نبوده یا به هنگام وقوع، دامنه نوسان آن بالا بوده است (۱۴).

از جمله آزمون‌های آزمایشگاهی در تعیین نقطه شکست ضربان قلب (HRDP)، پروتکل جونز و داست^۱، کویپر و همکاران^۲ و گسیل و هافمن^۳ می‌باشد که به صورت مراحل زمانی ثابت (کویپر و همکاران) یا به صورت افزایش سرعت در مسافت تعیین شده (پروتکل جونز و داست، گسیل و هافمن) اجرا می‌شود (۱۵). گوش^۴ (۲۰۰۴) نشان داد که هر چند HRDP به صورت میدانی و آزمایشگاهی مورد سنجش و اندازه‌گیری قرار گرفته و سپس تعیین می‌شود، ولی وقوع HRDP به‌طور قابل توجهی به نوع پروتکل تمرینی بستگی دارد. همچنین محققان دیگری هم با توجه به گستره و روش‌شناسی تحقیق خود نتوانسته‌اند وقوع HRDP را مشاهده نمایند (۱۴، ۱۶). سنجیتا و همکاران^۵ (۲۰۰۷) در تعیین HRDP، به مقایسه دو پروتکل تمرینی بر روی نوار گردان پرداختند. پروتکل‌های مورد نظر عبارت بودند از: پروتکل استاندارد که در آن افزایش سرعت نوارگردان به اندازه یک کیلومتر بر ساعت، در طول یک دقیقه تا حالت واماندگی ادامه می‌یافت و پروتکل سریع که در آن افزایش سرعت نوارگردان به اندازه یک کیلومتر بر ساعت، در طول ۳۰ ثانیه تا حالت واماندگی انجام می‌شد. نتایج کار این پژوهشگران حاکی از آن بود که HRDP تعیین شده در دو پروتکل مذکور، همبستگی بالا ($r=0/92$) و شباهت زیادی با هم دارند. در نتیجه از دو پروتکل می‌توان در تعیین نقطه شکست ضربان قلب در بین دوندگان تمرین کرده استفاده کرد.

درخصوص تأثیر نوع پروتکل تمرینی بر وقوع نقطه شکست ضربان قلب، پوکان و همکاران^۶ (۱۹۹۹) پژوهشی را با هدف مطالعه تغییر نوع پروتکل تمرینی بر پاسخ منحنی عملکرد ضربان قلب (HRPC) و همچنین نقطه انحراف ضربان قلب^۷ (HRTP) انجام دادند. بدین منظور، چهار نوع پروتکل تمرینی را بر روی نوارگردان طرح‌ریزی کرده، به اجرا درآوردند. نتایج کار این پژوهشگران نشان داد که تغییر در ماهیت پروتکل تمرینی موجب تغییر در پاسخ ضربان قلب می‌شود و در نتیجه انحراف HRPC تحت تأثیر قرار می‌گیرد. همچنین در تحقیق دیگری،

-
- 1 . Jones and Doust
 - 2 . Kuipers et al
 - 3 . Gaisel and Hofmann
 - 4 . Ghosh
 - 5 . Senjita et al
 - 6 . Pokan et al
 - 7 . Heart rate turn point

HRDP به هنگام اجرای آزمون با مدت ثابت در ۵۲٪ آزمون‌های و به هنگام آزمون با مسافت ثابت در ۶۲٪ آزمون‌ها مشاهده شد (۱۶). از طرفی، اوزچلیک^۱ (۲۰۰۶) نشان داد زمانی که پروتکل تمرینی مورد استفاده در مراحل کاری مختلف، با مدت زمان ثابت اجرا می‌شود، HRDP به‌ندرت مشاهده می‌شود. با توجه به پیشینه تحقیق، در حال حاضر پروتکل‌های تمرینی نسبتاً زیادی برای تعیین HRDP، با هدف برآورد آستانه بی‌هوایی، طراحی و ارائه شده است. این در حالی است که قابلیت HRDP برای سنجش و اندازه‌گیری و در نهایت تعیین آستانه بی‌هوایی، به دلیل وجود نتایج مختلف در ادبیات تحقیق، هنوز کاملاً روشن نیست. با توجه به تحقیقات انجام شده در این خصوص می‌توان نتیجه گرفت، علت عدم اعتبار HRDP در تعیین آستانه بی‌هوایی، روش شناسی مختلفی است که برای محاسبه HRDP به کار گرفته می‌شود. از جمله: تنوع در نوع پروتکل‌ها (۱۵)، الگوهای ریاضی مورد استفاده و در نظر نگرفتن سطح آمادگی افراد (۱۷) و استفاده از داده‌های ضربان قلب پایین‌تر از ۱۴۰ ضربه در دقیقه (۱۵) که می‌تواند علت عدم دقت HRDP در برآورد آستانه بی‌هوایی باشد.

به نظر می‌رسد نوع پروتکل تمرینی مورد استفاده برای برآورد آستانه بی‌هوایی یکی از عوامل مهم در پاسخ ضربان قلب باشد؛ به عبارت دیگر، زمانی که پروتکل تمرینی مورد نظر بر اساس زمان طی شده، زمان‌بندی و مرحله‌بندی شود و بار کار بر اساس آن افزایش یابد، احتمال وقوع HRDP بیشتر خواهد بود. در مقابل، زمانی که بار کار پروتکل تمرینی بر اساس مسافت طی شده تنظیم شود، احتمال وقوع HRDP کاهش می‌یابد (۱۸). بر همین اساس، این پژوهش با هدف مقایسه سه پروتکل جونز و داست، کوپیر و همکاران، و گسیل و هافمن برای وقوع HRDP به اجرا درآمد تا مشخص شود کدام پروتکل یا پروتکل‌ها منجر به وقوع HRDP می‌شوند.

روش‌شناسی

آزمون‌های

تعداد ۳۰ نفر (با میانگین \pm انحراف معیار سنی $21/8 \pm 0/2$ سال، قد 173 ± 2 سانتی‌متر، VO_{2max} $46/83 \pm 2/1$ میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه و وزن $68/1 \pm 2/1$ کیلوگرم) به‌صورت داوطلبانه در تحقیق شرکت کردند. این افراد دست‌کم سه جلسه در هفته فعالیت ورزشی منظم انجام می‌دادند و بیش از سه سال سابقه تمرین مداوم داشتند. آزمون‌های کلیه فعالیت‌های بدنی خود را ۷۲ ساعت قبل از روز آزمون‌گیری متوقف کردند. پس از انتخاب افراد، از آنها رضایت‌نامه

کتبی گرفته شد و توضیحات کامل (کتبی و شفاهی) در مورد موضوع تحقیق، مراحل و نحوه انجام آن، هدف از تحقیق و شرایط شرکت در آزمون به آنها ارائه شد. در مرحله بعد، آزمودنی‌ها برای آگاهی محققان از وضعیت تندرستی و میزان فعالیت بدنی آنها، پرسشنامه محقق ساخته‌ای را تکمیل کردند. همه آزمودنی‌ها از نظر سوابق درمانی و بیماری‌ها، مصرف دارو، مصرف سیگار، میزان فعالیت روزانه و وضعیت عمومی سلامتی و تندرستی ارزیابی شدند. علاوه بر این، محققان به آنها توصیه کردند که رژیم غذایی عادی خود را در طول روزهای اجرای پروتکل، که سه بار و به فاصله حداقل ۷۲ ساعت انجام می‌شود، حفظ کنند و شب قبل از انجام پروتکل بی‌خوابی نداشته باشند (۱۹-۲۱).

روش جمع‌آوری داده‌ها

ابتدا در آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی دانشگاه محقق اردبیلی، از همه آزمودنی‌ها در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد ارزیابی اولیه (اندازه‌گیری دقیق قد و وزن، درصد چربی و ضربان قلب پیش از فعالیت) به عمل آمد. برای ارزیابی توان هوازی بیشینه آزمودنی‌ها، از پروتکل ۱۰ مرحله‌ای بروس و برای ثبت ضربان قلب از دستگاه پولار استفاده شد. آزمودنی‌ها پس از سه روز استراحت و اجتناب از فعالیت بدنی، پروتکل‌ها را به صورت زمان‌بندی شده و با فاصله ۷۲ ساعت، به ترتیب ذیل اجرا کردند. هر سه پروتکل، قبل از ظهر و با شرایط محیطی یکسان انجام شد.

پروتکل‌های تمرینی

پروتکل نوارگردان کویپر و همکاران

برای اجرای پروتکل نوارگردان کویپر و همکاران، آزمودنی به مدت ۵ دقیقه، با سرعت ۴ کیلومتر بر ساعت مرحله گرم کردن را روی نوارگردان Sport ART مدل 6150E انجام داد. سپس آزمون اصلی با سرعت اولیه ۱۰ کیلومتر بر ساعت آغاز شد. در طول اجرای پروتکل تمرینی در هر ۳۰ ثانیه، ۰/۵ کیلومتر بر ساعت، بر سرعت نوارگردان افزوده شد. با توجه به میزان آمادگی جسمانی آزمودنی‌ها، افزایش فشار کار تا آنجا ادامه می‌یافت که آزمودنی قادر نبود بار کار را حفظ کند و به حالت واماندگی ارادی می‌رسید و با تشخیص محقق یا اظهار خود آزمودنی، پروتکل متوقف می‌شد. در مدت انجام آزمون، ضربان قلب به صورت لحظه به لحظه توسط ضربان سنج پولار ثبت می‌شد؛ به این نحو که با افزایش سرعت نوارگردان، ضربان قلب آزمودنی‌ها تغییر می‌یافت. در انتها، برنامه سرد کردن به مدت ۵ دقیقه اجرا شد (۱۵).

پروتکل نوارگردان گیسل و هافمن

برای اجرای پروتکل نوارگردان گیسل و هافمن، آزمودنی به مدت ۵ دقیقه، با سرعت ۵ کیلومتر بر ساعت مرحله گرم کردن را انجام داد. سپس آزمون با تعیین شیب ثابت ۵ درصد و سرعت ۸ کیلومتر بر ساعت شروع شد و به ازای طی هر ۲۰۰ متر، ۰/۵ کیلومتر بر ساعت، بر سرعت نوارگردان افزوده شد. ضربان قلب به طور مداوم به صورت دستی ثبت شد. این عمل تا سرحد واماندگی ادامه یافت (۱۵).

پروتکل نوارگردان جونز و داست

ابتدا آزمودنی‌ها به مدت ۵ دقیقه، با سرعت ۶ کیلومتر بر ساعت به گرم کردن بدن خود پرداختند، سپس آزمون با سرعت ۳/۳۳ متر بر ثانیه آغاز شد. در ادامه با پیمودن هر ۲۰۰ متر، ۰/۱۴ متر بر ثانیه بر سرعت نوارگردان افزوده شد. این عمل تا سرحد واماندگی ادامه یافت. ضربان قلب آزمودنی‌ها به طور مداوم به صورت دستی ثبت شد (۱۵).

روش تعیین HRDP

در طول اجرای هر یک از پروتکل‌های تمرینی، نمودار داده‌های مربوط به ضربان قلب در واحد زمان ترسیم شد. با توجه به ثبت لحظه به لحظه ضربان قلب آزمودنی‌ها و با استفاده از برنامه و نرم افزار کامپیوتری طراحی شده، منحنی تابع چند جمله‌ای درجه سه ترسیم و آن‌گاه HRDP تعیین شد (۲۲).

روش محاسبه HRDP با استفاده از روش Dmax

با توجه به ثبت لحظه به لحظه ضربان قلب آزمودنی‌ها در طول فعالیت و با استفاده از برنامه کامپیوتری طراحی شده، منحنی تابع لگاریتمی مجموعه نقاط ضربان قلب، ترسیم شد. سپس ابتدا و انتهای منحنی، با استفاده از یک خط راست به همدیگر متصل شد. جایی که خط راست و منحنی ضربان قلب بیشترین فاصله را از همدیگر داشتند، از خط راست، خط عمودی بر منحنی وارد شد که محل تلاقی این دو خط، HRDP را نشان می‌داد. علت این است که مختصات نقطه مماس بر منحنی در واقع نقطه‌ای است که شیب برابر با خط راست داشته باشد و به این دلیل بیشترین فاصله را با خط راست دارد. بر همین اساس، خطی به موازات محور Y بر محور X وارد شده تا زمان وقوع HRDP مشخص شود. همچنین خطی به موازات محور X بر محور Y وارد شده تا ضربان قلب وقوع HRDP تعیین شود. برنامه فوق، با استفاده از عملیات مشتق‌گیری و کمترین مربعات از توابع لگاریتمی لنجلم شد (۲۲).

روش اندازه‌گیری توان هوازی بیشینه

در طول اجرای پروتکل‌های تمرینی، توان هوازی بیشینه به صورت نسبی (ml/kg/min) و با استفاده از معادلات پیشگوی ACSM برآورد شد. برای برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی، از داده‌های مربوط به شیب، سرعت و مسافت پیموده شده در آخرین مرحله هر پروتکل استفاده شد؛ به عبارت دیگر با ظهور علائم درماندگی، به تشخیص محقق یا اظهار خود آزمودنی‌ها، پروتکل تمرینی متوقف و اطلاعات مربوط ثبت می‌شد. با توجه به موارد مذکور، VO_2 آخرین مرحله اجرای پروتکل تمرینی، VO_{2max} در نظر گرفته شد و حداکثر اکسیژن مصرفی، با استفاده از معادله زیر برآورد شد (۲۳):

$$VO_{2max} = [\text{speed (m.min.)} \times 0.2] + [\text{grade} \times \text{speed (m.min.)} \times 0.9] + 3.5$$

تجزیه و تحلیل آماری

برای مقایسه HRDP برآورد شده از طریق سه پروتکل، از روش آماری تحلیل واریانس یک‌طرفه با اندازه‌گیری‌های مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. استفاده شد. معنی‌داری بین متغیرها در سطح $P \leq 0.05$ مورد توجه قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها نرم افزار SPSS و برای ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

یافته‌ها

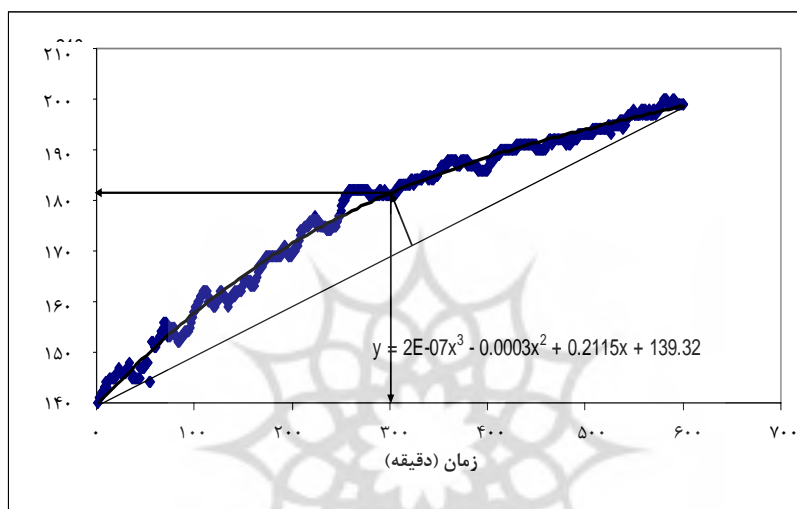
خلاصه ویژگی‌های جسمانی، آنتروپومتریکی، ترکیب بدن و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها، با توجه به این که به فاصله ۷۲ ساعت در سه پروتکل تمرینی مختلف (کویپر و همکاران، جونز و داست، و گیسل و هافمن) را انجام دادند، در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. توصیف ویژگی‌های جسمانی، آنتروپومتریکی، ترکیب بدن و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها

# متغیر	انحراف استاندارد \pm میانگین
سن (سال)	۲۱/۸ \pm ۰/۲
قد (سانتی‌متر)	۱۷۳ \pm ۲
وزن (کیلوگرم)	۶۸/۱ \pm ۲/۱
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر / کیلوگرم / دقیقه)	۴۹/۶ \pm ۵/۵۷
چربی (%)	۱۱/۸۱ \pm ۲/۱۱
فشار خون سیستولی (میلی‌متر جیوه)	۱۳/۵۵ \pm ۱/۴۶
فشار خون دیاستولی (میلی‌متر جیوه)	۸/۴۴ \pm ۱/۲۹

#- داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف استاندارد ارائه شده است (n=۳۰)

پس از ثبت ضربان قلب آزمودنی‌ها در حین اجرای پروتکل و رسم نمودار منحنی عملکرد ضربان قلب (HRPC) با استفاده از نرم افزار مربوطه، نتایج بیانگر آن بود که در تمامی آزمودنی‌ها، HRDP مشاهده شده و نقطه شکست ضربان قلب در هر سه پروتکل تمرینی اتفاق می‌افتد. منحنی تغییرات ضربان قلب و HRDP در یکی از آزمودنی‌های پژوهش در نمودار ۱ مشاهده می‌شود.



نمودار ۱. منحنی تغییرات ضربان قلب و HRDP در یکی از آزمودنی‌های پژوهش

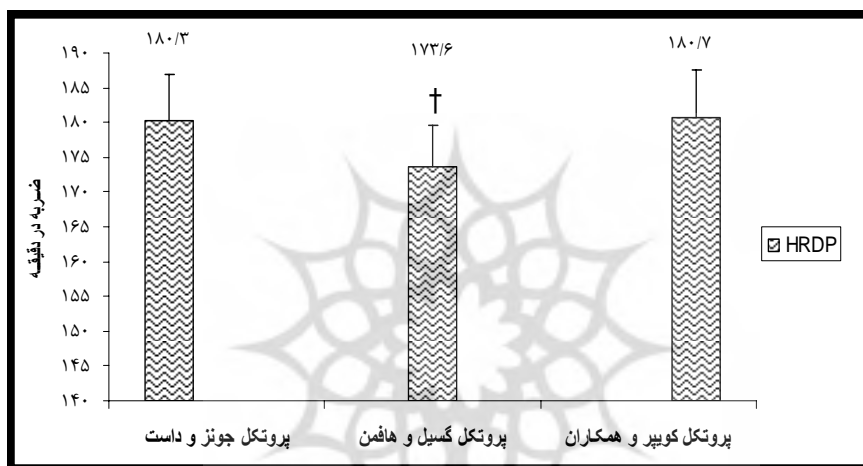
همچنین جدول ۲ نتایج مربوط به میانگین حداکثر اکسیژن مصرفی، سرعت نوارگردان در حین واماندگی، مسافت پیموده شده، زمان واماندگی و ضربان قلب بیشینه ایجاد شده در طول اجرای پروتکل‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۲. میانگین و انحراف استاندارد نقطه‌های شکست ضربان قلب آزمودنی‌ها و سایر نتایج

به دست آمده از هر سه پروتکل

پروتکل هافمن	پروتکل جونز و داست	پروتکل کوپپر	پروتکل متغیر
۵۱/۳۸±۲/۴۳	۵۲/۱۶±۳/۳۱	۵۶/۶۶±۳/۵۵	حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر / کیلوگرم/دقیقه)
۱۴/۲۳±۰/۶۱۸	۱۷/۶۵±۱/۱۰۶	۱۸/۰۰±۰/۹۷۱	سرعت نوارگردان در حین واماندگی (کیلومتر بر ساعت)
۳/۱۹±۱/۱۱۸	۲/۸۲±۰/۴۲۶	۲/۴۲±۰/۴۵۰	مسافت پیموده شده (کیلومتر)
۱۴/۸۵±۱/۰۲	۹/۵۶±۰/۸۳	۸/۰۲±۱/۰۹	زمان واماندگی (دقیقه)
۲۰۵±۶/۸۷	۲۰۸±۸/۶	۲۰۵±۷/۳	ضربان قلب بیشینه (ضربه در دقیقه)

یافته‌ها نشان می‌داد تفاوت معنی‌داری بین نقطه‌های شکست ضربان قلب برآورد شده در هر سه پروتکل وجود دارد ($F= ۶۴/۵۸, P= ۰ \leq ۰۰۱$). آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که بین نقطه‌های شکست ضربان قلب به دست آمده از پروتکل کوپیر و همکاران با نقطه‌های شکست ضربان قلب در پروتکل جونز و داست تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($P = ۰/۶۷۵$) اما بین HRDP به دست آمده از پروتکل هافمن و همکاران با هر دو پروتکل جونز و داست و کوپیر تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($P < ۰/۰۵$). این تفاوت‌ها در نمودار ۲ نشان داده شده است.



نمودار ۲. مقایسه وقوع نقطه شکست ضربان قلب در سه پروتکل هافمن، جونز و داست و کوپیر. HRDP به دست آمده از پروتکل هافمن به طور معنی‌دار از HRDP به دست آمده از دو پروتکل دیگر کمتر است؛ در حالی که بین دو پروتکل دیگر تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. * - تفاوت معنی‌دار نسبت به دو پروتکل دیگر ($P < ۰/۰۵$).

بحث و نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر سه پروتکل تمرینی با ماهیت‌های متفاوت در تعیین HRDP، با یکدیگر مقایسه شدند. این پروتکل‌ها یا به صورت مراحل زمانی ثابت (کوپیر و همکاران)، یا افزایش سرعت در مسافت تعیین شده (جونز و داست، گسیل و هافمن) و یا تعیین شیب ثابت از شروع پروتکل (گسیل و هافمن) اجرا می‌شدند. یافته‌ها نشان داد که در تمام آزمودنی‌ها و در هر سه پروتکل تمرینی، بر اساس مدل D_{max} ، نقطه شکست ضربان قلب در سرعت‌های بالای دویدن و به ترتیب در ۰٫۸۸، ۰٫۸۶ و ۰٫۸۴ ضربان قلب بیشینه رخ می‌دهد.

نتایج متناقضی در ارتباط با تأثیر نوع پروتکل تمرینی در پیشینه پژوهش ذکر شده است. با توجه به اینکه پروتکل های مختلفی با مراحل زمان بندی و شتابدهی متفاوت طراحی شده، بیشتر محققان نقطه شکست ضربان قلب را در آزمون های فزاینده مشاهده نکردند (۲۹-۲۶)، ولی برخی دیگر HRDP را به طور پیوسته در سرعت های بالای دویدن گزارش کردند (۳۰). در مطالعه لوسیا و همکاران نیز HRDP در ۸۸٪ ضربان قلب بیشینه اتفاق افتاد. در مطالعات جدیدتر که در آنها طول مراحل ۴۵ تا ۶۰ ثانیه گزارش شده است، HRDP در ۴۵ تا ۷۱٪ آزمون های اتفاق افتاده است (۳۱).

واکون و همکاران^۱ (۱۹۹۹) در ارزیابی آزمون میدانی کانکانی برای تعیین HRDP از روش بصری بهره گرفتند و در تمام آزمون های HRDP را نشان دادند. در حالی که نیمی از همین آزمون های پروتکل آزمایشی بر روی نوارگردان با مراحل ۶۰ ثانیه ای ثابت که با استفاده از معادله چند جمله ای درجه سوم تعیین شد، نشانه های شکست ضربان قلب را نشان ندادند. این یافته، هم سو با کار آستراند و رودال^۲، اکبلوم و همکاران^۳ و دیویس^۴ بود.

در مطالعه لوسیا و همکاران^۵ (۱۹۹۹)، HRDP در ۷۰٪ آزمون های مشاهده شد که این یافته هم سو با چندین مطالعه است که بیان می کنند آزمون های جوان و سالم، در طول آزمون فزاینده پاسخ ضربان قلب منحنی الخط دارند؛ به این صورت که در شدت های بالای آزمون، ضربان قلب در پاسخ به بار کار فزاینده کمتر شده، به فلات می رسد که این مرحله اساساً شامل متابولیسم بی هوازی می شود.

با توجه به پیشینه پژوهش، نوع پروتکل تمرینی مورد استفاده برای تعیین HRDP یکی از عوامل مهم در پاسخ ضربان قلب و درجه شکست ضربان قلب به شمار می رود (۱۵، ۱۸، ۲۴). به طوری که گزارش شده، پروتکل های تمرینی که دارای افزایش غیرخطی زمان یا سرعت باشد، فاقد اعتبار است (۲۵).

با توجه به گستره پروتکل های طراحی شده در تعیین HRDP توسط محققان، زمانی که پروتکل تمرینی بر اساس زمان طی شده مرحله بندی شود (پروتکل های زمان ثابت خود به مراحل با زمان بندی متفاوت تقسیم می شوند که مدت هر مرحله ممکن است از ۱۵ تا ۱۲۰ ثانیه به طول انجامد) و بر اساس آن بار کار افزایش یابد، احتمال وقوع HRDP بیشتر است، در

-
1. Vachon et al.
 2. Astrand & Rodahl
 3. Ekblom et al.
 4. Davies
 5. Lucia et al.

مقابل، زمانی که بار کار پروتکل تمرینی بر اساس مسافت طی شده تنظیم شود، احتمال وقوع HRDP کاهش می‌یابد (۱۸). در توافق با این تحقیقات، مطالعات زیادی^۱ HRPC خطی را نشان داده‌اند (۱۴، ۱۸، ۲۸، ۳۱، ۳۳).

در مطالعه حاضر، HRDP در تمام افراد رخ داد. این نتایج ممکن است به دلیل مراحل کوتاه‌تر و شتابدهی سریع در پروتکل‌های آزمون باشد. به نظر می‌رسد در این پروتکل‌ها به آزمودنی اجازه رسیدن به سرعت‌های بالاتر داده می‌شود. در پروتکل‌های مسافت ثابت (جونز و داست، گیسل و هافمن) همچنان که آزمون به جلو می‌رود، زمان لازم برای تکمیل هر مرحله کاهش می‌یابد و این موضوع محتمل به نظر می‌رسد که کوتاه شدن زمان مرحله‌ها در سرعت‌های بالا، با توجه به مراحل کوتاه‌تر از ۶۰ ثانیه‌ای پروتکل‌ها، میزان ترشح لاکتات در هر مرحله را کاهش می‌دهد. از این رو، خستگی عضلانی کمتری ایجاد می‌شود و آزمودنی در سرعت‌های بالاتر به HRDP می‌رسد.

با توجه به وقوع HRDP در همه آزمودنی‌ها، به نظر می‌رسد بار کار در هر سه پروتکل فشار قابل توجهی را به آزمودنی و عضله قلبی وارد کرده است. این امر را می‌توان با توجه به جوان و ورزشکار بودن آزمودنی‌ها توجیه کرد. چون در برخی تحقیقات گذشته که آزمودنی‌ها غیر-ورزشکار و مسن بوده‌اند، HRDP در همه آزمودنی‌ها اتفاق نیفتاده و پاسخ ضربان قلب در آنها نامنظم (خطی یا معکوس) بوده است (۳۱). علاوه بر آن، ممکن است غیرورزشکاران تلاش کمتری برای رسیدن به سرحد واماندگی انجام دهند و این مسئله احتمالاً نقطه شکست ضربان قلب را تحت‌تاثیر قرار می‌دهد. اختلاف موجود بین زمان لازم برای رسیدن به حالت یکنواخت ضربان قلب در بین آزمودنی‌ها را می‌توان با توجه به سطح آمادگی آنها توجیه کرد. ورزشکاران به دلیل داشتن حجم ضربه‌ای قوی که ویژه نوع ورزش آنهاست، در پی افزایش سرعت در هر مرحله، افزایش کمتری را در ضربان قلب تجربه می‌کنند و رسیدن به حالت پایدار ضربان قلب (فلات) در این آزمودنی‌ها زودتر اتفاق می‌افتد (۳۰). در این خصوص، گلدھیل و همکاران^۲ (۱۹۹۴) نشان دادند در مدت انجام آزمون فزاینده در ورزشکاران، حجم ضربه‌ای حالت فلات به خود نمی‌گیرد و ضربان قلب را تا پایان تمرین همراهی می‌کند.

به طور کلی، بر اساس نتایج تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری کرد که HRDP در پروتکل تمرینی وابسته به زمان (کویپر و همکاران) و پروتکل‌های تمرینی وابسته به مسافت (گیسل و هافمن، جونز و داست) ایجاد می‌شود. با توجه به تفاوت موجود در HRDP تعیین شده از طریق سه

-
1. Heart Rate Performance Curve
 2. Gledhill et al.

پروتکل مذکور، سؤال اینجاست که در کدام یک از پروتکل های سه گانه، HRDP تعیین شده مطابق با آستانه بی هوازی است که اجرای پژوهش های آینده را اجتناب ناپذیر می نماید.

منابع:

1. Ozcelik, O. (2006). Effect of aerobic exercise training on the heart rate-work rate relationship and estimation of anaerobic threshold in obese females. *Turk J Med Sciences*, 36: 165-170.
2. Ghosh, A.K. (2004). Anaerobic threshold: its concept and role in endurance sport. *Malaysian J Sport Med Sciences*, 11: 24-36.
3. Conconi, F., Ferrari, M., Ziglio, P.G., Droghetti, P., Codeca, L. (1982). Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol*, 52: 869-873.
4. Cellini, M., Vitiello, P., Nagliati, A., Ziglio, P., Martinelli, S., Ballarin, E., Conconi, F. (1986). Noninvasive determination of the anaerobic threshold in swimming. *Int J Sports Med*, 7: 347-351.
5. Foster, C., Spatz, P., Georgakopoulos, N. (1999). Left ventricular function in relation to the heart rate performance curve. *Clin Exerc Physiol*, 1: 29-32.
6. Bourgois, J., Vrijens, J. (1998). The Conconi test: a controversial concept for the determination of the anaerobic threshold in young rowers. *Int J Sports Med*, 19: 553-559.
7. Mafufuleti, N., Sjodin, B., Ekblom, B.A. (1987). Laboratory method for non invasive anaerobic threshold determination. *Int J Sports Med*, 27: 419-423.
8. Bodner, M.E., Rhodes, E.C., Martin, A.D., Coutts, K.D. (2002). The relationship of the heart rate deflection point to the ventilatory threshold in trained cyclists. *J Strength Condition Res*, 16: 573-580.
9. Baraldi, E., Zanconato, S., Santuz, P.A. (1989). A comparison of two noninvasive methods in the determination of the anaerobic threshold in children. *Int J Sports Med*, 10: 32-34.
10. Hofmann, P., Pokan, R., Preidler, K., Leitner, H., Szolar, D., Eber, B., Schwabeger, G. (1994). Relationship between heart rate threshold, lactate turn point and myocardial function. *Int J Sports Med*, 15:232-237.
11. Francis, K.T., McClatchey, P.R., Sumison, J.R. (1989). The relationship between anaerobic threshold and heart rate linearity during cycle ergometry. *Eur J Appl Physiol*, 59: 273-277.
12. Nikolaizik, W.H., Knopfli, B., Leister, E. (1998). The anaerobic threshold in cystic fibrosis: comparison of V-slope method, lactate turnpoints, and Conconi test. *Pediatr Pulmonol*, 25: 147-153.

13. Schmid, A., Huonker, M., Aramendi, J.F. (1998). 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*, 78:177-182.
14. Jones, A.M., & Doust, J. H. (1995). Lack of reliability in Conconi's heart rate deflection point. *Int J Sports Med*, 16:541-544.
15. Bodner, m., Rhodes, E. (2000). A review of the concept of the heart rate deflection point. *Sports Med*, 30: 31-46.
16. de Wit, MJP., der Weduwe, C.J., Wolfhagen, PJJM. (1997). Validity of peak oxygen uptake calculations from heart rate deflection points. *Int J Sports Med*, 18: 201-207.
17. Siahkoughian, M. (2007). A new mathematical model for determination of heart rate deflection point. *Int J Fitness Med*, 3: 11-16.
18. Pokan, R., Hofmann, P., von Duvillard, S. P., Smekal, G., Högler, R., Tschan, H., Baron, R., Schmid, P., Bachl, N. (1999). The heart rate turn point reliability and methodological aspects. *Med Sci Sports Exerc*. 31: 903-907.
19. James, W.F. (2008). The modified D-max is a valid lactate threshold measurement in veteran cyclists. *J Science Med Sports*, 11: 460-463.
20. Ignjatovic, A., Hofmann, P., Radovanovic, D. (2008). Non-invasive determination of the anaerobic threshold based on Heart rate deflection point. *Phy Edu Sport*, 6:1-10.
21. Vachon, J. A., Bassett, D. R., Clarke, S. (1999). Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold during running. *J Appl Physiol*, 87: 452-459.
۲۲. سیاه کوهیان، معرفت، ۱۳۸۶، طراحی و ارائه پروتکل تمرینی برای ایجاد HRDP در برآورد آستانه بی هوایی، طرح تحقیقاتی، دانشگاه محقق اردبیلی، ص ۱۴-۴۴.
23. ACSM (American College of Sports Medicine). (1990). The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*, 22: 265-274.
24. Stockhausen, W., Grathwohl, C., Burklin, P., Spranz, J. (1997). Stage duration and increase of work load in incremental testing on a cycle ergometer. *Eur J Appl Physiol*, 76: 295-301.
25. Pokan, R., Hofmann, P., von Duvillard, S. P., Beaufort, F., Smekal, G., Gasser, R., Klein, W., Eber, B., Bachl, N., Schmid, P. (1998). The heart rate performance curve and left ventricular function during exercise in patients after myocardial infarction. *Med Sci Sports Exerc*, 30: 1475-1480.

26. Heck, H., Tiberi, M., Beckers, K., Lammerschmidt, W., Pruin, E., Hollmann, W. (1988). Lactic acid concentration during bicycle-ergometer exercise with preselected percentages of the Conconi-threshold. *Int J Sports Med*, 9: 367-371.
27. Parker, D., Robergs, R.A., Quintana, R., Frankel C.C., Dallam, G. (1997). Heart rate threshold is not valid estimation of the lactate threshold. *Med Sci Sports Exerc*, 29: 235-240.
28. Riberiro, JP., Fielding, RA., Hughes, V. (1985). Heart rate break point may coincide with the anaerobic threshold. *Int J Sport Med*, 6: 220-224.
29. Weltman, A. (1995). The blood lactate response to exercise. Champaign: Human Kinetics. pp:450:29-47.
30. Lucia, A., Carvajal, A., Boraita, A. (1999). Heart rate response during incremental exercise in master runners. *Jap physiol*, 50: 155-158.
31. Hofmann, P., von Duvillard, P. S., Siebert, F. J., Pokan, R., Wonisch, M., Lemura, M. L., Schwabeger, G. (2001). %Hrmax target heart rate is dependent on heart rate performance curve deflection. *Med Science Sports Exe*, 33: 1726-1731.
32. Bunc, V.J., Heller, J. (1992). Comparison of two methods of noninvasive anaerobic threshold determination in middle-aged men. *Sports Med Training Rehabil*, 3: 87-94.
33. Wasserman, K. (1987). Determinants and detection of the anaerobic threshold and consequences of exercise above it. *Circulation* 76 Suppl. 6: 29-39.
34. Lucia, A., Hoyos, J., Santalla, A., Perez, M., Carvajal, A., Chicharro, J.L. (2002). Lactic acidosis, potassium, and the heart rate deflection point in professional road cyclists. *Br J Sports Med*, 36: 113-117.