

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، $Vo2max$ $46/83 \pm 2/1$ میلی‌لیتر/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 داس، 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 یک‌طرفه (ANOVA) با اندازه‌های مکرر (آزمون تعقیبی بونفرونی) 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 $HRmax$ ۸۸٪، پروتکل جونزو داس $HRmax$ ۸۶٪ و پروتکل گیسل و هافمن $HRmax$ ۸۴٪ 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 دانشگاه محقق اردبیلی

۳. مربی دانشگاه محقق اردبیلی

۴. استادیار دانشگاه علوم پزشکی اردبیل

جوز و داست اختلاف معنی دار وجود ندارد ($P = 0/675$ و $F = 0/211$)، اما بین مقادیر میانگین های HRDP در دو آزمون کویپر و همکاران و گیسل و هافمن و همچنین جونزو داست، گیسل و هافمن اختلاف معنی دار مشاهده می شود ($P < 0/05$). با توجه به نتایج می توان چنین نتیجه گیری کرد که با استفاده از هر سه پروتکل تمرینی بر روی نوارگردان، با بهره گیری از روش D_{max} ، می توان HRDP را تعیین نمود.

واژه های کلیدی: آستانه بی هوازی، نقطه شکست ضربان قلب، پروتکل وابسته به زمان و مسافت.

مقدمه

در علم تربیت بدنی و پزشکی، پروتکل های مختلفی برای تعیین سطح آمادگی افراد معرفی شده است. در طول اجرای فعالیت های ورزشی، نقطه عبور از متابولیسم هوازی به بی هوازی، برای تعیین سطح مناسب شدت فعالیت های ورزشی استفاده می شود. از این رو، نقطه شکست ضربان قلب (HRDP) برای ارزیابی و برنامه ریزی تعیین شدت تمرینات هوازی استفاده می شود (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 می دهد (۲). به طور کلی، پروتکل های 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)، پارو زنی (۵)، دوچرخه سواری (۶)، قایق رانی، اسکی استقامتی، اسکی معمولی، اسکیت روی یخ، پیاده روی (۵) و قایق رانی از نوع کایاک (۷) بوده است. در این آزمون ها برای افزایش شدت کار، پس از تعیین مسافت، آزمودنی سرعت خود را به تدریج افزایش می دهد. گرچه آزمون های میدانی به ماهیت واقعی فعالیت های مختلف ورزشکاران شباهت بیشتری دارند، ولی آزمون های آزمایشگاهی در تجزیه و تحلیل HRDP از شرایط کاملاً کنترل شده ای برخوردارند (۸). تحقیقات مختلف در این زمینه ابتدا بر روی دوچرخه ارگومتر انجام شد (۹)، بدین گونه که نواخت فعالیت یا، ثابت و از قبل تعیین شده بود (۱۰) یا توسط خود آزمودنی انتخاب می شد (۱۱). ارگومتری به صورت پارو زنی (۶)، دویدن روی نوارگردان (۱۲) و ارگومتری با استفاده از بازوها^۱ (۱۳) نیز برای تعیین HRDP استفاده می شد. عکس پروتکل های میدانی، پروتکل های آزمایشگاهی عموماً دارای «مراحل زمانی ثابت» هستند که بار کار به شکل افزایش سرعت یا افزایش وات، در فاصله زمانی منظم، بالا می رود. تفاوت های موجود بین پروتکل های 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، کوپیر و همکاران^۲ و گسیل و هافمن^۳ می‌باشد 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 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 به طور 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 (HRTF) 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

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 آزمودنی ها 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 آزمودنی ها به طور مداوم به صورت دستی ثبت شد (۱۵).

روش تعیین HRDP

در طول اجرای هر یک از پروتکل های تمرینی، نمودار داده های مربوط به ضربان قلب در واحد زمان ترسیم شد. با توجه به ثبت لحظه به لحظه ضربان قلب آزمودنی ها و با استفاده از برنامه نرم افزار کامپیوتری طراحی شده، منحنی تابع چند جمله ای درجه سه ترسیم و آن گاه HRDP تعیین شد (۲۲).

روش محاسبه HRDP با استفاده از روش Dmax

با توجه به ثبت لحظه به لحظه ضربان قلب آزمودنی ها 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 می داد. علت این است که مختصات نقطه مماس بر منحنی در واقع نقطه ای 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 مشتق گیری 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، $\dot{V}O_{2\max}$ آخرین مرحله اجرای پروتکل تمرینی، $\dot{V}O_{2\max}$ در نظر گرفته شد و حداکثر اکسیژن مصرفی، با استفاده از معادله زیر برآورد شد (۲۳):

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

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 16 SPSS و برای ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

یافته‌ها

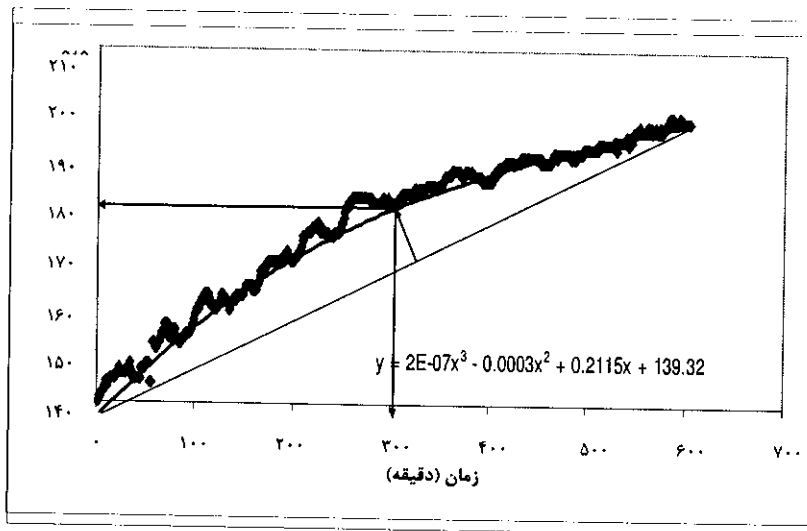
خلاصه ویژگی‌های جسمانی، آنتروپومتریکی، ترکیب بدن و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها، با توجه به این که به فاصله ۷۲ ساعت در سه پروتکل تمرینی مختلف (کویپر و همکاران، جونز و داست، و گیسل و هافمن) را انجام دادند، در جدول ۱ نشان داده شده است.

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)	۱۷۲ $\pm$ 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

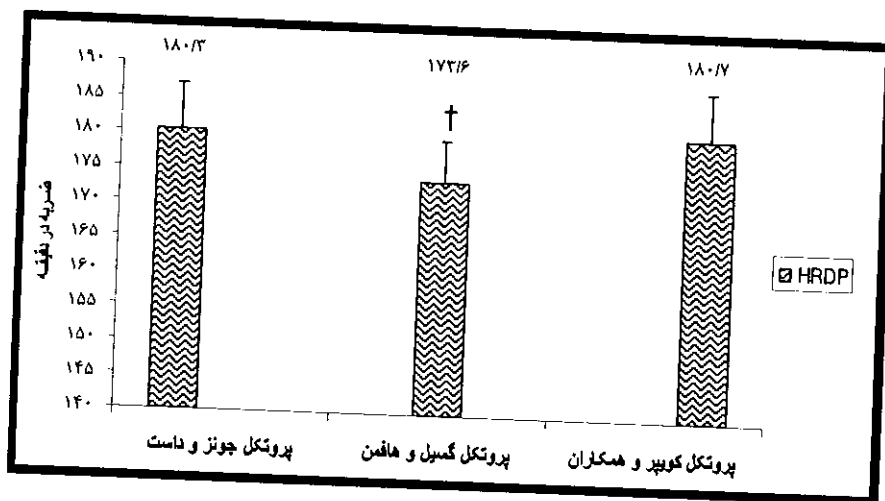
همچنین جدول ۲ نتایج مربوط به میانگین حداکثر اکسیژن مصرفی، سرعت نوارگردان در حین واماندگی، مسافت پیموده شده، زمان واماندگی و ضربان قلب بیشینه ایجاد شده در طول اجرای پروتکل‌ها را نشان می‌دهد.

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 کویپر	پروتکل	متغیر
۵۱/۳۸±۲/۴۳	۵۲/۱۶±۲/۳۱	۵۶/۶۶±۳/۵۵		حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر / کیلوگرم/دقیقه)
۱۴/۲۲±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±۰/۱۸۳	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 ($F=64/58, P=0.01$). آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که بین نقطه‌های شکست ضربان قلب به‌دست آمده از پروتکل کویپر و همکاران با نقطه‌های شکست ضربان قلب در پروتکل جونز و داست تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($P=0.675$) اما بین HRDP به‌دست آمده از پروتکل هافمن و همکاران با هر دو پروتکل جونز و داست و کویپر تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($P<0.05$). 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 کویپر. HRDP به‌دست آمده از پروتکل هافمن به طور معنی‌دار از HRDP به‌دست 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 ($P<0.05$).

بحث و نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر سه پروتکل تمرینی با ماهیت‌های متفاوت در تعیین HRDP، با یکدیگر مقایسه شدند. این پروتکل‌ها یا به‌صورت مراحل زمانی ثابت (کویپر 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 ۸۸٪، ۸۶٪ و 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 پروتکل‌های مختلفی با مراحل زمان‌بندی و شتاب‌دهی متفاوت طراحی شده، بیشتر محققان نقطه شکست ضربان قلب را در آزمون‌های فزاینده مشاهده نکردند (۲۹-۲۶)، ولی برخی دیگر HRDP را به‌طور پیوسته در سرعت‌های بالای دویدن گزارش کردند (۳۰). در مطالعه لوسیا و همکاران نیز HRDP در ۸۸٪ ضربان قلب پیشینه اتفاق افتاد. در مطالعات جدیدتر که در آنها طول مراحل ۴۵ تا ۶۰ ثانیه گزارش شده است، HRDP در ۴۵ تا ۷۱٪ آزمودنی‌ها 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 آزمودنی‌ها HRDP را نشان دادند. در حالی که نیمی از همین آزمودنی‌ها در پروتکل آزمایشی بر روی نوارگردان با مراحل ۶۰ ثانیه‌ای ثابت که با استفاده از معادله چند جمله‌ای درجه سوم تعیین شد، نشانه‌های شکست ضربان قلب را نشان ندادند. این یافته، هم‌سو با کار آستراند و رودال^۲، اکبلوم و همکاران^۳ و دیویس^۴ بود.

در مطالعه لوسیا و همکاران^۵ (۱۹۹۹)، HRDP در ۷۰٪ آزمودنی‌ها مشاهده شد که این یافته هم‌سو با چندین مطالعه است که بیان می‌کنند آزمودنی‌های جوان و سالم، در طول آزمون فزاینده پاسخ ضربان قلب منحنی‌الخط دارند؛ به این صورت که در شدت‌های بالای آزمون، ضربان قلب در پاسخ به بار کار فزاینده کمتر شده، به فلات می‌رسد که این مرحله اساساً شامل متابولیسم بی‌هوازی می‌شود.

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 به‌شمار می‌رود (۱۵، ۱۸، ۲۴). به‌طوری که گزارش شده، پروتکل‌های تمرینی که دارای افزایش غیرخطی زمان یا سرعت باشد، فاقد اعتبار است (۲۵).

با توجه به گستره پروتکل‌های طراحی شده در تعیین HRDP توسط محققان، زمانی که پروتکل تمرینی بر اساس زمان طی‌شده مرحله‌بندی شود (پروتکل‌های زمان ثابت خود به مرحله‌ای با زمان‌بندی متفاوت تقسیم می‌شوند 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 توافقی 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 و اماندگی 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، گلد‌هیل 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 (کوپیرو 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., Schwaberg, 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 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. Siahkhouhian, 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 هوازی، 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.