Archive of SID

بررسی بارکاری وارده بر قلب از جانب سه آزمون برآوردکننده توان هوازی بیشینه با محاسبه حاصلضرب دوگانه

فتاح مرادی[1]، حسن متین همایی*[2]؛ کامران جوهری

۱. دانشگاه آزاد اسلامی سنندج؛

۲. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز

چکیده:

هدف: حاصلضرب ضربان قلب (HR) و فشار خون سیستولی (SBP) شاخصی جهت برآورد بار کاری وارده بر قلب بدست میدهد که به آن حاصلضرب دوگانه (DP) گفته میشود. هدف پژوهش حاضر بررسی بارکاری وارده بر قلب از جانب سه آزمون برآوردکننده توان هوازی بیشینه با محاسبه حاصلضرب دوگانه می باشد.

روشها: بدین منظور ۱۳ نفر از دانشجویان رشته تربیت بدنی دانشگاه ارومیه (مشغول به تحصیل در سال ۸۵-۸۴) انتخاب شدند که سابقه دست کم سه سال فعالیت بدنی و شرکت مستمر در یک رشته ورزشی را دارا بودند. اندازه گیری ها در چهار روز متوالی و در ساعت ۴-۲ هر روز انجام گرفت: روز اول سن (۲/۳±۲۴/۷ سال)، قد (۲/۶±۱۷۶/۵ سانتی متر)، وزن (۳/۷±۶۹/۴ کیلوگرم)، HR استراحت (۲/۸±۶۳/۴ دقیقه/ضربه) و SBP استراحت (۴±۱۱۹ میلی متر جیوه) اندازه گیری شد. روز دوم آزمون $PWC_{۱۹۵}$، روز سوم آزمون پله کچ-مک آردل و روز چهارم آزمون دوچرخه آستراند-رایمینگ از آزمودنی ها گرفته شد و HR و SBP انتهای هر آزمون جهت محاسبه DP آن آزمون ثبت گردید. در نهایت DP آزمون ها و حالت استراحت با استفاده از آزمون آماری تحلیل واریانس یکطرفه و در سطح معنی داری $p<۰/۰۰۱$ مورد مقایسه قرار گرفت.

یافته ها: تجزیه و تحلیل داده ها نشان داد که بین میانگین اندازه های DP هر چهار حالت تفاوت معنی داری وجود دارد (استراحت:۲۰۹/۱±۷۶۳۶/۲؛ آزمون $PWC_{۱۹۵}$: ۱۱۲۱/۸±۳۸۰۴۵/۵؛ آزمون پله کچ- مک آردل ۴۴۱/۵±۱۷۰۹۲/۶؛ آزمون دوچرخه آستراند-رایمینگ ۶۷۲/۹±۲۱۸۲۱/۷ دقیقه/ضربه.میلی متر جیوه، P=۰/۰۰۰، F=۴۲۱۵/۵۸۲).

نتیجه گیری: با عنایت به تفاوت های عمده در بارکاری وارده بر قلب از طرف آزمون های ورزشی، آگاهی از آمادگی قلبی عروقی آزمودنی ها قبل از آزمون گیری منطقی به نظر می رسد. همچنین شاید بتوان از DP جهت تعیین محدوده های تمرینی برای بیماران (علی الخصوص قلبی عروقی) و نیز ارزیابی پاسخ قلبی عروقی ورزشکاران به فعالیت های ورزشی استفاده نمود.

واژه های کلیدی: حاصلضرب دوگانه، فشار خون سیستولی، ضربان قلب، VO_{2max}، آزمون $PWC_{۱۹۵}$

*. نویسنده مسئول: hasanmatinhomaee@yahoo.com تهران، شهرک غرب، ابتدای خ ایران زمین، دانشکده تربیت بدنی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

تامین اکسیژن کافی برای عضله قلب از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا بر خلاف عضله مخطط، این بافت توانایی فوق العاده محدودی برای تولید انرژی به شکل بی هوازی دارد. خونرسانی به قلب به قدری زیاد است که برای هر یک از تارهای عضله قلب حداقل یک مویرگ وجود دارد. اختلال در جریان خون کرونری[1] (CBF) عمدتا به درد قفسه سینه[2] منجر می شود که این دردها هنگام تمرین آشکار می شوند. در واقع فشارهای تمرینی اغلب به عنوان ملاک یا شاخصی جهت ارزیابی چنین حالتهایی مورد استفاده قرار می گیرند. استقرار لخته خون یا ترومبوز در یکی از عروق کرونری ممکن است به عمل طبیعی قلب آسیب جدی وارد کند. اگرچه این نوع سکته قلبی و بطور اختصاصی تر انفارکتوس میوکاردی[3] ممکن است سبک باشد، ولی انسداد کاملتر سبب آسیب جدی شده و می تواند منجر به مرگ شود (۲).

اگرچه چند فاکتور به عنوان عوامل تعیین کننده اکسیژن مصرفی قلب[4] (MVo_2) شناسایی شده اند، اما عوامل اصلی از این قرارند: ۱) تنش[5] در دیواره بطن -که شاخصی از عملکرد فشار درون بطنی است-، شعاع دورن بطنی (حجم) و ضخامت دیواره بطنی، ۲) وضعیت انقباضی قلب و ۳) ضربان قلب. محققان دریافته اند که تغییرات فشار[6] فقط در صورتی منعکس کننده تغییرات تنش است که حجم تغییر نکند. با این وجود حاصلضرب ضربان قلب و مساحت زیرین بخش سیستولی منحنی فشار آئورت (شاخص تنش زمان[7] یا TTI) -که بعدا نام زمان فشار در دقیقه[8] را بر آن نهادند-، و حاصلضرب فشار شریانی متوسط و ضربان قلب (شاخص تلاش قلبی) همبستگی خوبی با MVo_2 دارند (۱۵).

کیتامورا و همکاران[9] (۱۹۷۲) به بررسی همبستگی های همودینامیکی MVo_2 در آزمودنی های جوان سالم حین تمرین روی دوچرخه پرداختند و دریافتند که حاصلضرب ضربان قلب در فشار شریانی متوسط بیشترین همبستگی را با CBF (r=۰/۸۹) و MVo_2 (r=۰/۸۹) دارد. آنها همچنین مقادیر همبستگی ضربان قلب، درصدی از حداکثر ضربان قلب[10]، TTI، اوج فشار خون سیستولی، بارکاری وارده از طرف تمرین و درصدی از حداکثر اکسیژن مصرفی[11] با CBF و MVo_2 را به ترتیب از این قرار اعلام نمودند: r=۰/۸۲، r=۰/۸۰، r=۰/۸۳، r=۰/۸۱، r=۰/۷۲، r=۰/۶۵، r=۰/۸۸، r=۰/۸۴، r=۰/۷۷، r=۰/۷۵، r=۰/۷۹، r=۰/۷۲ (۱۵).

بطور کلی جذب اکسیژن و جریان خون عضله قلب مستقیما به حاصلضرب ضربان قلب[12] (HR) و فشار خون سیستولی[13] (SBP) مربوط می شود (۳). به عبارت دیگر افزایش در HR و SBP که در طول تمرین اتفاق می افتد منجر به افزایش بارکاری وارده بر قلب می شود. افزایش مطالبه مکانیکی اعمال شده بر قلب در طول تمرین را می توان با محاسبه این

1- Coronary Blood Flow
2- Angina Pectoris
3- Myocardial Infarction
4- Myocardial Oxygen Consumption
5- Tension
6- Pressure
7- Tension-time Index
8-Pressure Time per Minute (PTM)
9- Kitamura et al.
10- % MHR
11- % VO2max
12- Heart Rate
13- Systolic Blood Pressure

www.SID.ir

حاصلضرب برآورد نمود. به این حاصلضرب، حاصلضرب دوگانه[1] (DP)، حاصلضرب سرعت-فشار[2] (۱۱) یا شاخص تنش زمان اصلاح شده[3] (۱۴) گفته می شود:

Archive of SID

$$DP_{(\text{دقیقه/ضربه میلی متر جیوه})} = SBP_{(\text{میلی متر جیوه})} \times HR_{(\text{دقیقه/ ضربه})}$$

نگاهی کلی به یافته های تحقیقات پیشین نشان می دهد که بهترین شاخص قلبی عروقی ارائه شده برای برآورد بارکاری وارده بر قلب (و به موازات آن برای برآورد CBF و MVo_2) DP می باشد (۴، ۱۱، ۱۵، ۱۶، ۱۸، ۲۴، ۲۸).

برخی از محققان از DP برای تجویز تمرین به بیماران و نیز جهت ارزیابی وضعیت آمادگی ورزشکاران استفاده نموده اند (۴، ۲۴). پاورز و هاولی[4] (۲۰۰۴) پیشنهاد نمودند که تمرینات تجویز شده برای بیماران مبتلا به انسداد شریان کرونری باید تا حدی باشد که منجر به شروع درد قفسه سینه در آنها نشود (۲۴). آندزیولیس و همکاران[5] (۲۰۰۵) نیز از DP جهت ارزیابی وضعیت قلبی عروقی ورزشکاران برای معرفی آنها به لیگ بسکتبال لیتوانی استفاده نمودند (۴). شماری از محققان به بررسی DP در طول تمرین در مورد افراد بیمار (عمدتا بیماران قلبی و علی الخصوص بیماری کرونری قلب[6])، سالم و ورزشکار پرداخته اند و برخی دیگر نیز تاثیرات بارکاری، نوع و شدت تمرین بر حاصلضرب دوگانه را موردمطالعه قرار داده اند (۲، ۳، ۶، ۷، ۲۲، ۲۴، ۲۷). در یکی از این مطالعات، تسوکاس و همکاران[7] (۱۹۹۵) نشان دادند که در بیماران مبتلا به انفارکتوس میوکارد، پاسخ DP به یک آزمون زیربیشینه روی نوارگردان، بدنبال سه ماه تمرین کاهش می یابد (۲۷). بلامنتال و همکاران[8] (۱۹۸۸) نیز دریافتند که سه ماه تمرین ورزشی با دو نوع شدت پایین و بالا، تغییرات قلبی عروقی نسبتا مشابهی در متغیرهای قلبی عروقی درطول فعالیت های با بارکاری زیربیشینه و بیشینه ایجاد می کند. از جمله این تغییرات کاهش DP در طول انجام هر دو نوع فعالیت های زیربیشینه و بیشینه بود (۲۴). میشه لتی و همکاران[9] (۱۹۹۰) با مقایسه اثرات قلبی انقباض ایزومتریک وامانده ساز در چهار گروه آزمودنی (وزنه برداران، دوچرخه سواران آماتور، افراد کم تحرک و بیماران مبتلا به پرفشار خونی) دریافتند که شاخص MVo_2 یعنی DP در دوچرخه سواران آماتور نسبت به افراد کم تحرک پایین تر بود و این می تواند منعکس کننده تغییرات قلبی عروقی متعاقب تمرینات استقامتی باشد. این محققان همچنین دریافتند که انقباض ایزومتریک منجر به افزایش معنی دار و اساسی در فشار روی دیواره قلب و DP می شود (۲۲). بلوتسرکوفسکی و همکاران[10] (۲۰۰۲) بیان نمودند که پاسخ DP در ورزشکاران واجد ظرفیت کار جسمانی بالاتر به فعالیت های ورزشی ایستا و پویا، بیشتر از ورزشکاران واجد ظرفیت کار جسمانی پایین تر بود (۷). به عبارت واضح تر، برخورداری از آمادگی جسمانی بالاتر منجر به پاسخ DP کمتری به فعالیت های ایستا و پویا می شود. پاورز و هاولی (۲۰۰۴) ضمن بررسی تغییرات DP درطول یک آزمون تمرینی فزاینده (با شدت های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد VO_{2max}) دریافتند که افزایش در شدت تمرین منجر به صعود در هر دو عامل HR و SBP شده و برآیند این اثرات، افزایش در DP و بنابراین افزایش در بارکاری وارده بر قلب است (۲۴). این شاخص، در دامنه وسیعی از شدت های تمرین، ارتباط زیادی

1- Double Product
2- Rate Pressure Product
3- Modified Tension Time Index
4- Powers & Hawley
5- Andziulis et al.
6- Coronary Heart Disease
7- Tsoukas et al.
8- Blumenthal et al.
9- Micheletti et al.
10- Belotserkovskii et al.

www.SID.ir

Archive of SID

با MVo_2 و CBF در افراد سالم دارد (۲). بیشتر محققان بر این باورند که در نتیجه تمرینات ورزشی ایستا، پویا و کار با بالاتنه، DP افزایش می یابد که برای قلب گران تمام می شود (۳).

با عنایت به گستردگی استفاده از آزمون های برآوردکننده توان هوازی بیشینه (VO_{2max}) در افراد جوان و فعال و بـه لحـاظ اهمیت تخفیف خطرات قلبی عروقی ناشی از این آزمون ها، اهمیت مقوله بارکاری وارده از طرفی این آزمون هـا دو چنـدان مـی شود. به موازات این موضوع، توجه دقیق به نحوه انتخاب آزمون ها از لحاظ میزان بارکاری وارده بر قلب در گروه آزمودنی هـای مختلف بیشتر نمایان می شود. حال اینکه، دامنه تحقیقات صورت گرفته در این زمینه بسیار اندک می باشد. بنابراین هدف تحقیق حاضر بررسی بارکاری وارده بر قلب از جانب سه آزمون برآوردکننده توان هوازی بیشینه با محاسبه حاصلضرب دوگانه می باشد.

روش تحقیق

آزمودنی ها:

جامعه آماری تحقیق شامل دانشجویان دو سال آخر رشته تربیت بـدنی دانـشگاه ارومیـه بـود کـه در سالتحـصیلی ۸۵ – ۸۴ مشغول به تحصیل بودند. هر کدام از این افراد سابقه حداقل سه سال فعالیت بدنی و شرکت مستمر دریک رشـته ورزشـی را دارا بودند. نمونه تحقیق شامل ۱۳ نفر بود که بطور تصادفی از جامعه آماری انتخاب شدند. جدول ۱ اطلاعات مربوط به ویژگی هـای جمعیت شناختی و فیزیولوژیکی نمونه مورد مطالعه را بر حسب میانگین و انحراف معیار ارائه می دهد.

جدول ۱–ویژگی های جمعیت شناختی و فیزیولوژیکی نمونه مورد مطالعه (انحراف معیار ± *میانگین*)

پارامتر	
تعداد	۱۳
جنس (مرد/زن)	مرد
سن (سال)	۲۳/۷ ± ۲/۳
وزن (کیلوگرم)	۶۹/۰ ± ۲/۴
قد (سانتی متر)	۱۷۶/۵ ± ۳/۲
شاخص توده بدن (متر مربع/کیلوگرم)	۲۲/۳ ± ۱/۴
ضربان قلب استراحت (دقیقه/ضربه)	۶۳/۴ ± ۲/۸
فشار خون متوسط استراحت (میلی متر جیوه)	۸۲ ± ۳
حداکثر اکسیژن مصرفی (دقیقه/کیلوگرم/میلی لیتر)	
با آزمون $PWC_{۱۹۵}$	۵۷/۷ ± ۱/۸
با آزمون پله کچ–مک آردل	۶۳/۱ ± ۳/۱
با آزمون دوچرخه آستراند–رایمینگ	۶۰/۴ ± ۲/۴

پروتکل تحقیق:

www.SID.ir

پس از انتخاب آزمودنی های تحقیق، رضایتنامه کتبی و مدرک پزشکی معتبر مبنی بر عدم ابتلا به هرگونه بیماری قلبی عروقی و کلیوی از آنها اخذ گردید (۱۸). سپس طی یک جلسه توجیهی، اهداف، روند، زمان و مکان اجرای تحقیق به اطلاع آزمودنی ها رسید. آزمودنی هایی که طی دو هفته اخیر، با یا بدون تجویز پزشک، داروی مربوط به بیماری های قلبی عروقی مصرف نموده بودند از جریان تحقیق خارج می شدند -که البته چنین موردی مشاهده نشد- (۱۱). از آزمودنی ها خواسته شد که در فاصله زمانی دو ساعت قبل از شروع آزمون ها از خوردن، آشامیدن و خوابیدن پرهیز نموده (۱۸) و نیز اینکه در طول دوره چهار روزه اندازه گیری ها و همچنین ۲۴ ساعت قبل از شروع این دوره از انجام هر نوع فعالیت بدنی مازاد بر فعالیت های زندگی روزمره اجتناب نمایند (۱۷). حین اندازه گیری ها آزمودنی ها تی شرت و شورت ورزشی به تن داشتند و کل اندازه گیری ها طی ۴ روز متوالی و در ساعت ۴-۲ بعد از ظهر هر روز (با فواصل زمانی تقریبا ۲۴ ساعته) انجام گرفت (۱۸). همچنین از آزمودنی ها خواسته شد که نیم ساعت قبل از شروع هر بار اندازه گیری در محل آزمایشگاه فیزیولوژی ورزش حاضر شوند. در این فاصله زمانی همچنانکه آزمودنی به حالت استراحت کامل بازگشت می نمود، لیدهای الکتروکاردیوگراف ۱۰ اشتقاقی (CARDIETTE مدل B500 ساخت کشور آلمان) در محل های مناسب وصل، فشارسنج مچی دیجیتالی (مدل ws-320 ساخت ژاپن) بر روی مچ دست چپ آزمودنی ها نصب و در مورد آزمون های دوچرخه آستراند-رایمینگ و آزمون $PWC_{۱۹۵}$ ارتفاع زین دوچرخه (MONARK مدل E839 ساخت کشور فنلاند) به تناسب قد آزمودنی تنظیم می شد. روز اول سن، وزن، قد، شاخص توده بدن، ضربان قلب استراحت و فشار خون متوسط استراحت آزمودنی ها تعیین گردید. روز دوم آزمون $PWC_{۱۹۵}$، روز سوم آزمون پله کچ-مک آردل (پله به ارتفاع ۴۱/۳ سانتی متر) و روز چهارم آزمون دوچرخه آستراند-رایمینگ مطابق دستورالعمل ویژه هر آزمون انجام گرفت و HR و SBP انتهای هر آزمون جهت محاسبه DP آن آزمون ثبت گردید.

دستورالعمل اجرای آزمون ها:

آزمون PWC۱۹۵

این آزمون شامل سه مرحله فشار کار زیر بیشینه همراه با ثبت ضربان قلب می باشد. هر آزمودنی باید سه مرحلهٔ ۳ دقیقه ای کار زیربیشینه بر روی روچرخه را کامل کند. ضربان قلب هر ۳ دقیقه یک بار (در پایان هر مرحله) ثبت می شود. فشار کار اولیه بر حسب وزن آزمودنی بین ۳۰ تا ۶۰ وات تعیین می گردد. سپس بر حسب ضربان قلب به دست آمده در پایان ۳ دقیقه اول، فشار کار مرحله بعد از ۳۰ تا ۶۰ وات افزایش می یابد، و در پایان ۳ دقیقه دوم نیز به همین ترتیب، یعنی:

۳ دقیقهٔ اول: ۳۰ تا ۶۰ وات

۳ دقیقهٔ دوم: ۹۰ تا ۱۲۰ وات

۳ دقیقهٔ سوم: ۱۵۰ تا ۱۸۰ وات

بیشترین ظرفیت کار جسمانی در این آزمون، رسیدن ضربان قلب به ۱۹۵ ضربه در دقیقه است. در صورتی که آزمودنی توانست قبل از ۹ دقیقه به ضربان قلب ۱۹۵ ضربه در دقیقه یا فراتر از آن برسد، کار را تا پایان ۹ دقیقه ادامه می دهیم و ضربان انتهایی وی به عنوان ضربان ورزشی ثبت می شود (۱).

معادلات برآورد VO2max برای آزمون PWC۱۹۵:

$$BMR \text{ (روز/کیلوکالری) (میزان متابولیسم پایه)} =$$

$$\{\text{(کیلوگرم)وزن} \times ۲۲/۷\} + ۴۹۵$$

$$VO_2 \text{ (دقیقه/میلی لیتر) (اکسیژن مصرفی استراحت)} =$$

$$\{BMR\text{(روز/کیلوکالری)} / \text{(روز/ دقیقه)}۱۴۴۰ / \text{(لیتر/میلی لیتر)}۱۰۰۰ \times \text{(اکسیژن لیتر/کیلوکالری۵)}\}$$

Archive of SID
www.SID.ir

VO_2max (اکسیژن مصرفی بیشینه میلی لیتر/دقیقه) =

$\{\{PWC_{۱۹۵}$ (وات) ×۱۲(وات/O2/میلی لیتر) $+VO_2\}$ ×۱/۱۷

Archive of SID

اعتبار آزمون زیربیشینه $PWC_{۱۹۵}$ با اعمال ضریب ۱/۱۷، ۰/۹۵ (r=۰/۹۵) برآورد شده است.

آزمون زیربیشینه پله کچ- مک آردل

آزمودنی روبروی پله می ایستد و با فرمان شروع در طی ۳ دقیقه با تواتر ۲۴ گام در دقیقه برای مردان (مترونوم: حفظ شدت ۲۴ بار در دقیقه) از پله ها بالا و پائین می رود. در مجموع تعداد گام ها برای مردان ۷۲ گام در کل آزمون خواهد بود. پس از آزمون، آزمودنی در وضعیت ایستاده باقی می ماند و پس از ۵ ثانیه ضربان قلب وی در مدت ۱۵ ثانیه (ثانیه های۵ تا ۲۰ دورهٔ ریکاوری) شمارش می شود و تعداد ضربان به دست آمده در عدد ۴ ضرب می شود تا ضربان قلب در یک دقیقه به دست آید (۱).

معادله برآورد VO2max برای آزمون پله کچ-مک آردل:

VO_2max (دقیقه/کیلوگرم/میلی لیتر) =

[(دقیقه/ضربه) تعداد ضربان قلب × ۰/۴۲] – ۱۱۱/۳۳

آزمون دوچرخه آستراند-رایمینگ

ابندا شدت کار اولیه بر روی ۴۹ وات (یا ۵۰ وات) و دور دوچرخه کارسنج بر روی ۷۵ rpmتنظیم شد. سپس با فرمان شروع و به کار انداختن همزمان زمان سنج، آزمودنی به مدت ۶ دقیقه با همین فشار کار ۴۹ وات، پدال زد. در پایان ۶ دقیقه بدون هیچ گونه وقفه ای در پدال زدن مجدداً ضربان قلب ثبت شد. در صورتیکه در پایان ۶ دقیقه ضربان قلب ثابت و پایدار حاصل می شد آزمون پایان می یافت و در غیر این صورت هر دو دقیقه یکبار ۴۹ وات به فشار کار قبلی اضافه می شد تا اینکه ضربان قلب ثابت و پایدار بدست آید.

معادله برآورد VO2max برای آزمون دوچرخه آستراند-رایمینگ:

VO_2max(دقیقه/لیتر) =

۳/۰۱۱+[(سال)سن×۰/۰۳۵]–[(دقیقه/لیتر)اکسیژن مصرفی نوموگرام×۰/۳۴۸]

روایی این آزمون در مردان r = ۰/۸۶ و (دقیقه/لیتر) SEE = ۰/۳۵۹ اعلام شده است (۱).

روش آماری:

در نهایت DP آزمون ها و حالت استراحت با استفاده از آزمون آماری تحلیل واریانس یکطرفه و در سطح معنی داری p<۰/۰۰۱ مورد مقایسه قرار گرفت.

یافته ها

جدول ۲ ویژگی های قلبی عروقی آزمودنی ها را در حالت استراحت و متعاقب آزمون های برآوردکننده VO_{2max} برحسب میانگین و انحراف معیار ارائه می دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲ –ویژگی های قلبی عروقی آزمودنی ها در حالت استراحت و متعاقب آزمون های برآوردکننده VO_{2max} (انحراف معیار ± میانگین)

	استراحت	آزمون $PWC_{۱۹۵}$	آزمون پله کچ–مک آردل	آزمون دوچرخه آستراند
ضربان قلب (دقیقه/ ضربه)	۶۳/۴ ± ۲/۸	۱۹۵/۱ ± ۳۲/۵	۱۰۵/۸ ± ۴/۷	۱۴۳/۳ ± ۳/۴
فشار خون سیستولی (میلی متر جیوه)	۱۱۹ ± ۴	۱۹۰ ± ۱۰	۱۶۱ ± ۸	۱۴۵ ± ۸
حاصلضرب دوگانه (دقیقه/ضربه.میلی متر جیوه)	۷۶۳۶/۲ ± ۲۰۹/۱	۳۸۰۴۵/۵ ± ۱۱۲۱/۸	۱۷۰۹۲/۶ ± ۴۴۱/۵	۲۱۸۲۱/۷ ± ۶۷۲/۹

نتایج آزمون تحلیل واریانس نشان می دهد که بین میانگین اندازه های حاصلضرب دوگانه حالات مختلف (استراحت، آزمون $PWC_{۱۹۵}$، آزمون پله کچ–مک آردل و آزمون دوچرخه آستراند–رایمینگ) تفاوت معنی دار وجود دارد (P = ۰/۰۰۰، F = ۴۲۱۵/۵۸۲).

جدول ۳ –خلاصه تحلیل واریانس یکطرفه با اندازه گیری های مکرر (بر مقدار حاصلضرب دوگانه حالات مختلف)

منبع تغییرات	مجموع مجذورات	df	میانگین مجذورات	F	P
بین گروهی	۶/۳۰E+۰۹	۳	۲۱۰۱۶۴۱۵۱۰/۷	۴۲۱۵/۵۸۲	۰/۰۰۰
درون گروهی	۲۳۹۲۹۹۸۳	۴۸	۴۹۸۵۴۱/۳۰۴		
کل	۶/۳۳E+۰۹	۵۱			

همچنین نتایج آزمون تعقیبی توکی برای حاصلضرب دوگانه نشان داد که بین میانگین اندازه های هر چهار حالت تفاوت معنی دار وجود دارد. به بیان واضح تر، ترتیب میانگین اندازه های حاصلضرب دوگانه این حالات از بیشتر به کمتر از این قرار است: آزمون $PWC_{۱۹۵}$، آزمون دوچرخه آستراند–رایمینگ، آزمون پله کچ–مک آردل و استراحت.

جدول ٤–نتایج مقایسه تفاوت میانگین ها (برای مقدار حاصلضرب دوگانه) با استفاده از آزمون تعقیبی توکی

		α=۰/۰۰۱			
حالات مختلف	تعداد	۱	۲	۳	۴
استراحت	۱	/۲۳۰۸			

www.SID.ir

Archive of SID

	۳	۷۶۳۶			
آزمون پله کچ-مک آردل	۱	/۶۹۲			
	۳	۱۷۰۹۲			
آزمون دوچرخه آستراند	۱		/۷۶۹		
	۳		۲۱۸۲۱		
آزمون $PWC_{۱۹۵}$	۱			/۵۳۸	
	۳			۳۸۰۴۵	
معنی داری		۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	

جدول ۵ اطلاعات مربوط به تفاضل بین اندازه ویژگی های قلبی عروقی آزمودنی ها متعاقب آزمون های برآوردکننده VO_{2max} با حالت استراحت را برحسب میانگین و انحراف معیار ارائه می دهد.

جدول ۵ –تفاضل بین اندازه ویژگی های قلبی عروقی آزمودنی ها متعاقب آزمون های برآوردکننده VO2max با حالت استراحت (انحراف معیار ± میانگین)- تفاضل استراحت-آزمون

	استراحت-آزمون $PWC_{۱۹۵}$	استراحت-آزمون پله کچ-مک آردل	استراحت-آزمون دوچرخه آستراند
تفاضل ضربان قلب (دقیقه/ ضربه)	۱۳۰/۱ ± ۵/۶	۴۱/۳ ± ۲/۳	۸۲/۳ ± ۳/۴
تفاضل فشار خون سیستولی (میلی متر جیوه)	۷۱/۲ ± ۳/۹	۴۲/۳ ± ۳/۱	۲۵/۳ ± ۲/۱
تفاضل حاصلضرب دوگانه (دقیقه/ضربه.میلی متر جیوه)	۳۰۵۱۹/ ۰ ± ۹۴۳/۲	۹۵۱۰/۶ ± ۳۴۵/۱	۱۴۲۱۰/۶ ± ۶۶۷/۸

نتایج آزمون تحلیل واریانس نشان می دهد که بین میانگین اندازه تفاضل های حاصلضرب دوگانه آزمون ها با حالت استراحت تفاوت معنی دار وجود دارد (P = ۰/۰۰۰، F = ۳۲۳۶/۴۷۲).

جدول۶ –خلاصه تحلیل واریانس یکطرفه با اندازه گیری های مکرر (بر مقدار تفاضل حاصلضرب دوگانه آزمون ها با حالت استراحت)

منبع تغییرات	مجموع مجذورات	df	میانگین مجذورات	F	P
بین گروهی	۳/۱۶E+۰۹	۲	۱۵۸۰۳۷۵۰۰۱/۹	۳۲۳۶/۴۷۲	۰/۰۰۰
درون گروهی	۱۷۵۷۸۸۶۴	۳۶	۴۸۸۳۰۱/۷۷۴		
کل	۳/۱۸E+۰۹	۳۸			

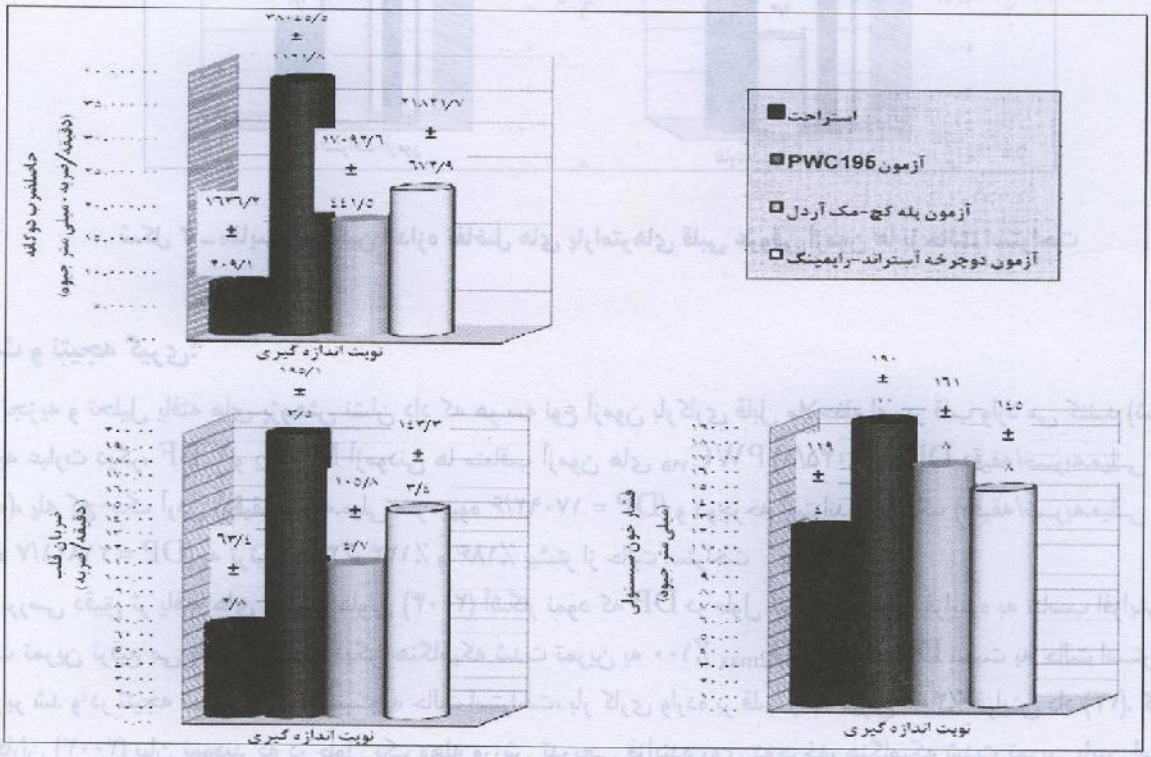
www.SID.ir

Archive of SID

همچنین نتایج آزمون تعقیبی توکی برای تفاضل حاصلضرب دوگانه نشان داد که بین میانگین اندازه تفاضل های حاصلضرب دوگانه آزمون ها با حالت استراحت تفاوت معنی دار وجود دارد. به بیان واضح تر، ترتیب میانگین اندازه تفاضل های حاصلضرب دوگانه با حالت استراحت، ازبیشتر به کمتر از این قرار می باشد: تفاضل آزمون $PWC_{۱۹۵}$ و استراحت، تفاضل آزمون دوچرخه آستراند-رایمینگ و استراحت، تفاضل آزمون پله کچ-مک آردل و استراحت.

جدول ۷-نتایج مقایسه تفاوت میانگین ها (برای مقدار تفاضل حاصلضرب دوگانه آزمون ها با حالت استراحت) با استفاده از آزمون تعقیبی توکی

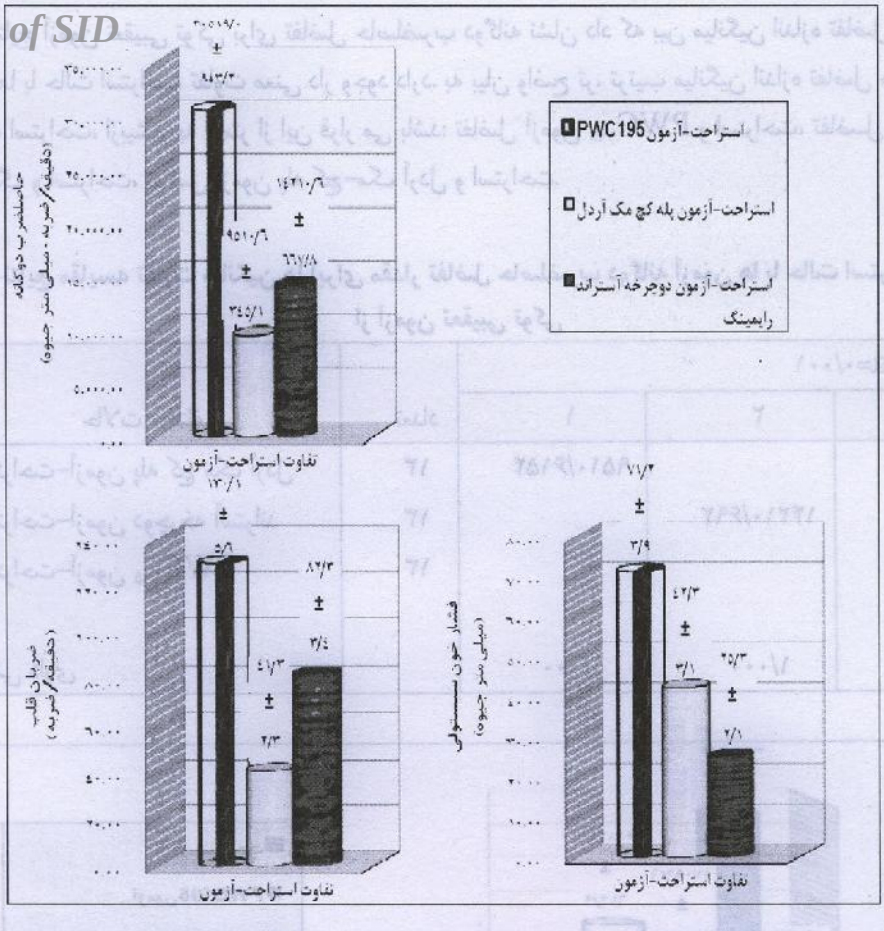
حالات مختلف	تعداد	α=۰/۰۰۱		
		۱	۲	۳
استراحت-آزمون پله کچ مک آردل	۱۳	۹۵۱۰/۶۱۵۴		
استراحت-آزمون دوچرخه آستراند	۱۳		۱۴۲۱۰/۶۹۲	
استراحت-آزمون $PWC_{۱۹۵}$	۱۳			/۰۰۰ ۳۰۵۱۹
معنی داری		۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰



شکل ۱ ـ مقایسه میانگین اندازه پارامترهای قلبی عروقی آزمودنی ها در حالات مختلف

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲ ـ مقایسه میانگین اندازه تفاضل های پارامترهای قلبی عروقی آزمون ها با حالت استراحت

بحث و نتیجه گیری:

تجزیه و تحلیل یافته های پژوهش نشان داد که هر سه نوع آزمون بارکاری قابل ملاحظه ای بر قلب وارد می کنند (شکل ۱). به عبارت دیگر، CBF و MVo_2 آزمودنی ها متعاقب آزمون های $PWC_{۱۹۵}$ (DP = ۳۸۰۴۵/۵ دقیقه/ضربه.میلی متر جیوه)، پله کچ-مک آردل (دقیقه/ضربه.میلی متر جیوه DP = ۱۷۰۹۲/۶) و دوچرخه آستراند-رایمینگ (دقیقه/ضربه.میلی متر جیوه DP = ۲۱۸۲۱/۷) به ترتیب ۳۹۸٪، ۱۲۴٪ و ۱۸۶٪ بیشتر از حالت استراحت می باشد.

بررسی دقیق تر یافته های پاورز و هاولی (۲۰۰۴) آشکار نمود که DP در طول تمرین تدریجی فزاینده به تناسب افزایش در شدت تمرین ترفیع می یابد. به عبارت دیگر، هنگامیکه شدت تمرین به ۱۰۰٪ VO_{2max} رسید، DP نسبت به حالت استراحت ۵ برابر شد و در نتیجه تمرین بیشینه نسبت به حالت استراحت، بار کاری وارده بر قلب را به میزان ۴۰۰٪ افزایش داد (۲۴). کیم و همکاران (۲۰۰۳) بیان نمودند که در طول یک وهله ورزش تدریجی فزاینده روی دوچرخه، هنگامیکه شدت تمرین پایین است، افزایش در DP نیز اندک است، اما به موازات افزایش بیشتر در شدت تمرین، صعود در DP نیز بیشتر خواهد بود (۱۸). با توجه به خطی بودن رابطه ضربان قلب و شدت کار، و نیز از آنجا که میانگین حداکثر ضربان قلب[1] (MHR) آزمودنی ها بر اساس فرمول ساده سن—۲۲۰ حدودا ۲۰۰ ضربه دردقیقه می باشد (۲۴)، پس بطور تقریبی شدت وارده از طرف آزمون های $PWC_{۱۹۵}$،

[1]- Maximal Heart Rate

www.SID.ir

Archive of SID

آزمون پله کچ-مک آردل و آزمون دوچرخه آستراند-رایمینگ، در لحظات انتهایی هر آزمون، به ترتیب ۹۴٪، ۵۱٪ و ۷۵٪ MHR می باشد. بنابراین، و با توجه به مقادیر DP آزمون ها، می توان گفت که یافته های ما از لحاظ تناسب بین افزایش در شدت تمرین و افزایش در DP با یافته های کیم و همکاران (۲۰۰۳) همسو است.

همچنین به منظور بررسی دقیق تر بارکاری وارده ازطرف آزمون ها بر قلب، میانگین اندازه تفاضل های DP آزمون ها با حالت استراحت را نیز مورد مطالعه قرار دادیم. شکل ۲ تفاوت بین میزان بارکاری وارده بر قلب از طرف آزمون ها را آشکارتر می گرداند. مجددا یافته های کیم و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد که در طول تمرین فزاینده روی دوچرخه SBP و HR اثرات متفاوتی بر DP می گذارند، بطوریکه در ابتدا با افزایش تدریجی بارکاری SBP افزایش نشان داد اما این افزایش با ادامه بالا رفتن شدت تمرین کند شده و هرچند که افزایش در ضربان قلب در طول ۵ دقیقه ابتدایی تمرین بسیار پایین بود اما هنگامیکه شدت تمرین افزایش یافت میزان افزایش ضربان قلب نیز بیشتر شد (۱۸). یافته های ما نیز نشان داد که چگونگی تغییرات SBP و HR آزمودنی ها در پایان آزمون ها تا حدود زیادی به تناسب شدت بارکاری وارده از طرف آنها می باشد، بطوریکه در مورد آزمون پله کچ-مک آردل که کمترین فشار را به آزمودنی ها وارد نمود (شدت کار ۵۱٪ MHR) سهم تغییرات SBP و HR در تغییرات DP آزمودنی ها به ترتیب ۳۵٪ و ۶۵٪ بود، اما در مورد آزمون $PWC_{۱۷۰}$ که بیشترین فشار را به آزمودنی ها وارد نمود (شدت کار ۹۴٪ MHR) این سهم ها به ترتیب ۲۳٪ و ۷۷٪ بود.

شماری از محققان پاسخ های همودینامیکی به ورزش، بویژه تغییرات فشار خون را مورد بررسی قرار داده اند (۹، ۱۰، ۱۲، ۱۳، ۲۰، ۲۱، ۲۳، ۲۵، ۲۶، ۲۹، ۳۰). تاهمین اواخر محققان بر این باور بودند که در انسان ها پاسخ فشار خون متوسط به ورزش تحت تاثیر اثرات همزمان فعال شدن عملکردهای حرکتی (دستور مرکزی[1]) و عملکردهای قلبی عروقی (رفلکس افزایش فشار ناشی از تمرین[2]) است (۹، ۱۳، ۲۰، ۲۳). اما ووگلسانگ و همکاران[3] (۲۰۰۶) به عامل سومی نیز اشاره نمودند و آن افزایش حجم خون مرکزی[4] (CBV) متعاقب فعال شدن پمپ عضلات پاست. در حقیقت این محققان برخلاف بسیاری از محققان قبل از خود به پاسخ فشار خون مشابهی برای تمرین با دست و تمرین ترکیبی دست و پا دست یافتند و این تشابه را به افزایش CBV ناشی از فعال شدن پمپ عضلات پا نسبت دادند (۲۹). محققانی نیز به بررسی اثرات نوع انقباض (ایستا و پویا) بر پاسخ فشار خون پرداختند (۱۲، ۲۱، ۲۶). در مهمترین این تحقیقات استبینز و همکاران[5] (۲۰۰۲) اظهار داشتند که افزایش در فشار خون متوسط و HR، فعال شدن دستور مرکزی و تحریک شدن (ناشی از فراورده های زائد عضلانی) رفلکس افزایش فشار خون در طول انقباضات ایستا و پویا مشابه می باشد (۲۶). شاو و همکاران[6] (۱۹۷۴) نیز نشان دادند که تفاوت معنی داری بین DP حاصل از تمرین با چرخ دستی[7] و تمرین روی نوارگردان در افراد مبتلا به بیماری کرونری قلب وجود ندارد (۲۵). همچنین، آراوجو و پینتو[8] (۲۰۰۵) دریافتند که SBP و DP در آزمون های ورزشی که بر روی چرخ های پایی[9] انجام می گیرند بیشتر از آزمون هایی است که با شدت نسبی برابر و بر روی نوارگردان اجرا می شوند (۵).

بطورکلی یافته های تحقیقات پیشین نشان می دهند که مهمترین عامل اثرگذار بر پاسخ SBP و در نتیجه DP به تمرین، شدت بارکاری وارده می باشد اما عوامل دیگری نیز وجود دارند: نوع انقباض (ایستا یا پویا) (۲۶)، حجم توده عضلانی درگیر (بزرگ یا کوچک) (۹)، نوع توده عضلانی درگیر (دست، پا یا هر دو)، وضعیت بدن حین انجام تمرین (ایستاده یا خوابیده) (۲۹) و

1- Central Command
2- Exercise Pressor Reflex
3- Vogelsang et al.
4- Central Blood Volume
5- Stebbins et al.
6- Shaw et al.
7- Arm Cycle
8- Araujo & Pinto
9- Leg Cycle

www.SID.ir

Archive of SID

نوع وسیله ای که تمرین با آن انجام می گیرد (دوچرخه،نوارگردان و غیره) (۵). مقایسه آزمون های PWC۹۵، آزمون پله کـج- مک آردل و آزمون دوچرخه آستراند-رایمینگ از لحاظ عوامل اثرگذار بر پاسخ های همودینامیکی به تمرین نشان می دهد که تفاوت عمده و اصلی این آزمون ها در شدت بارکاری وارده از طرف آنها در لحظات انتهایی هر آزمون می باشد (به ترتیب ۹۴٪، ۵۱٪ و ۷۵٪ MHR).

به منظور رعایت هرچه بیشتر جوانب سلامتی ورزش، به دست اندرکاران جامعه ورزشی توصیه می شود که بهنگام استفاده از آزمون های ورزشی، علاوه بر لحاظ تناسب آزمون مورد استفاده با ویژگی های گروهی آزمودنی ها (سن، جنس، وضعیت آمادگی عمومی و غیره) به مشخصات فردی آزمودنی ها علی الخصوص وضعیت قلبی عروقی آنها بیشتر توجه نمایند. از سویی، به لحاظ اینکه حاصلضرب دوگانه شاخصی است که از هر دو نوع تغییرات ضربان قلب و فشار خون متاثر می شود، بنابراین استفاده از این شاخص جهت تعیین محدوده های تمرینی برای افراد بیمار (علی الخصوص بیماری های قلبی عروقی)(۲۴) و همچنین ارزیابی پاسخ قلبی عروقی ورزشکاران به فعالیت های بدنی (۴) منطقی به نظر می رسد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱. ترتیبیان، بختیار، خورشیدی، مهدی. (۱۳۸۵). "برآورد شاخص های فیزیولوژیک در ورزش (آزمایشگاهی و میدانی)". انتشارات تیمورزاده.

۲. مک آردل، و. د.، کچ، ف. آ.، کچ و. ا. (۱۳۸۳). " فیزیولوژی ورزشی (۱)". ترجمه اصغر خالدان، تهران، انتشارات سمت.

۳. ویلمور، ج. ه.، کاستیل، د. ل. (۱۳۸۴). " فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی". ترجمه ضیاء معینی و همکاران، تهران، انتشارات مبتکران.

4) Andziulis A, Jaszczanin N, Jaszczanin J, Boychenko S, (2005). "Cardiopulmonary function of the high trained basketball players". Український пульмонологічкий журнал, 3 (додаток):13-14.

5) Araújo CG & Pinto VL, (2005). "Maximal heart rate in exercise tests on treadmill and in a cycloergometer of lower limbs". Arq Bras Cardiol. 85(1):45-50.

6) Beere PA, Russel SD, Morey MC, et al. (1999). "Aerobic Exercise Training Can Reverse Age-Related Peripheral Circulatory Changes in Healthy Older Men". Circulation, 100: 1085-1094.

7) Belotserkovskii ZB, Lyubina BG, Borsiva Yu A, (2002). "Hemodynamic response to static and dynamic physical exercise in athletes". Human Physiology, 28(2): 8994-3.

8) Bezucha GR, Lenser MC, Hanson PG, Nagle FG, (1982). "Comparison of hemodynamic responses to static and dynamic exercise". Journal of Applied Physiology, 53(6):1589-1593.

9) Blumenthal JA, Rejeski WJ, Walsh-Riddle M, et al. (1988). "Comparison of high- and low-intensity exercise training early after acute myocardial infarction". The American Journal of Cardiology, 61(1): 26-30.

10) Carletti L, Rodriegues AN, Perez AJ, Vassalo DV, (2008). "Blood pressure responses to physical exertion in adolescents: Influence of overweight and obesity". Arq Bras Cardiol. 91(1): 24-28.

11) Cemri M, Ceyhan M, Hodoğlugil U, et al. (2006). "Load limits for ambulatory pulse pressure and double product in normotensive and hypertensive subjects". Anadolu Kardiyol Derg. 6: 322-3326.

12) Daniels JW, Stebbins CL, Longhurst JC, (2000). "Hemodynamic responses to static and dynamic muscle contraction at equivalent workloads". Am J physiol Regul Integra Comp Physiol. 297: R1849-R1855.

13) Fagard RH. (2001). "Exercise characteristics and the blood pressure response to dynamic physical training". Med Sci Sports Exerc. 33(6): 484-494.

14) Kapoor RK, Kumar A, Chandra M, et al. (1997). "Cardiovascular responses to treadmill exercise testing in anemia". Indian pediatrics, 34: 607-612.

15) Katamura K, Jorgensen CR, Gobel FL, (1972). "Hemodynamic correlates of myocardial oxygen consumption during upright exercise". Journal of Applied Physiology, 32(4): 516-522.

16) Kawano H, Nakagawa H, Onodera S, et al. (2008). "Attenuated increases in blood pressure by dynamic resistance exercise in middle-aged men". Hypertens Res. 31(5): 1045-1053.

17) Kenney MJ & Seals DR, (1993). "Postexercise hypotension: Key features, mechanism and clinical significance". The American Journal of Cardiology, 22(5): 653-664.

www.SID.ir

Archive of SID

18) Kim KT, Choi SW, Takahashi K, et al. (2003). "Change in Double Product during Stepwise Incremental Exercise". Journal of physiological anthropology and Applied Human Science, 22 (3): 143-147.

19) Lewis SF, Snell PG, Taylor WF, et al. (1985). "Role of muscle mass and mode of contraction in circulatory responses to exercise". Journal of Applied Physiology. 58(1): 146-151.

20) Lind AR, (1970). "Cardiovascular responses to static exercise (Isometrics, Anyone?)". Journal of the American Heart Association, 41: 173-176.

21) MACdougall JD, Tuxen D, Sale DG, et al. (1985). "Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise". Journal of Applied Physiology, 58(3):785-790.

22) Micheletti P, Macchi G, Finulli P, Belleri M, (1990). "Cardiac effects of exhausting isometric muscular contraction in trained and endurance athletes". G Ital Cardiol. 20(2): 148-157.

23) Pescatello LS, Fargo AE, Leach Jr CN, Scherzer HH, (1991) . "Short-term effect of dynamic exercise on arterial blood pressure". Journal of the American Heart Association, 83: 1557-1561.

24) Powers, S.K., Hawley, E.T (2004). Exercise physiology. MG Graw Hill Pub, Fifth Edition. pp: 184-186.

25) Shaw DJ, Crawford MH, Karliner JS, et al. (1974). "Arm-crank ergometry: A new method for the evaluation of coronary artery disease". The American Journal of Cardiology, 33(6): 801-805.

26) Stebbins CL, Walser B, Jafarzadeh M, (2002). "Cardiovascular responses to static and dynamic contraction during comparable workloads in humans". Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 283: R568-R575.

27) Tsoukas A, Andonakoudis H, Christakos S, (1995). "Short-term exercise training effect after myocardial infarction on myocardial oxygen consumption indices and ischemic threshold". Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 76(3):262-265.

28) Van Vliet BN & Montani JP, (1999). "Baroreflex stabilization of the double product". Am J Physiol Heart Circ Physiol. 277(5): 1679-1689.

29) Vogelsang TW, Yoshiga CC, Højgard M, et al. (2006). "The plasma atrial natriuretic peptide response to arm and leg exercise in humans: effect of posture". Experimental Physiology, 91(4): 765-771.

30) Wallace JP, (2003). "Exercise in Hypertension: A Clinical Review". Sports Med. 33 (8): 101-112.

www.SID.ir

Archive of SID

Survey of workload on heart from three maximal aerobic power tests with calculation of double product

Moradi.F[1], Matinhomaee.H[2], Johare.k
1- Islamic Azad University, sanandaj Branch
2- Islamic Azad University, Central Tehran Branch

Abstract:

Purpose: The product of systolic blood pressure (SBP) by heart rate (HR), the double product (DP), is an index on workload on heart. The purpose of this study was to Survey of workload on heart from three maximal aerobic power tests with calculation of double product.

Methods: For this purpose, 13 subjects randomly were selected from the physical education students at Urmia University. They had at least 3 years experience in regular physical activity and sport participation. Measurements were made during four consecutive days (every day from 2 p.m. to 4 p.m.). At 1st day, age (24.7±2.3 yr), height (176.5±2.6 cm), weight (69.4±3.7 kg), rest HR (63.4±2.8 beat/min) and rest SBP (119±4 mmHg) were measured. Subjects did PWC_{195} test, Katch-McArdle step test and Astrand ergometer test at 2nd, 3rd and 4th days, respectively. For calculating of test's DP, HR and SBP were recorded at end of each test. Finally, DP values (rest and tests) compared by one-way ANOVA. Statistical significance was accepted at $P<0.001$.

Results: Analysis of data detected that there were statistically significant differences between mean DP values of rest and tests (rest: 7636.2±209.1, PWC_{195} test: 38045.5±1121.8, Katch-McArdle step test: 17092.6±441.5, Astrand ergometer test 21821.7±672.9 mmHg.beat/min, P=0.000. F=4215.582).

Conclusion: According to main differences between sport tests at workload on heart, it seems to be logical recognizing of subject's cardiovascular fitness before testing. It is possible to use DP values for determination of exercise limits for patients (particularly cardiovascular diseases) and survey of athlete's cardiovascular response to physical activities.

Keywords: Double Product, Systolic Blood Pressure, Heart Rate, VO_{2max}, $PWC_{۱۹۵}$ Test

www.SID.ir