

برآورد شاخصهای توان هوازی بیشینه نوجوانان: مقایسه پنج پروتکل

❖ دکتر بختیار ترتیبیان؛ استادیار گروه تربیت بدنی دانشگاه ارومیه *

❖ ❖ اصغر عباسی؛ کارشناس ارشد تربیت بدنی

❖ ❖ مهدی خورشیدی؛ کارشناس ارشد تربیت بدنی

۹۷

تاریخ دریافت: ۸۵/۳/۳۱
تاریخ تصویب: ۸۵/۱۰/۲۲

چکیده:

در تحقیق حاضر، ۶۰ نوجوان پسر (سن: 17 ± 0.811 سال، قد: 184 ± 8.17 سانتی متر، وزن: 85 ± 10.39 کیلوگرم، و شاخص توده بدنی 20.80 ± 3.83) در پژوهش شرکت کردند. به منظور برآورد توان هوازی بیشینه (VO_{2max} ، $Peak\ VO_2$ ، $\% VO_{2max}$ ، $\% MHR$ ، و VO_{2max} بر پایه $Peak\ W$)، نوجوانان آزمونهای مخصوص نوارگردان GXT، ارگومتر $PWC195$ و $PWC212$ ، و آزمونهای میدانی ۵ دقیقه دویدن (5-RFT) و ۱ مایل دویدن را در مراحل مختلف تحقیق اجرا کردند. نتایج پژوهش نشان داد در مقایسه با قدر مطلق میانگین انحرافات مقادیر بیشینه اکسیژن مصرفی به دست آمده از آزمونها، آزمون ۱ مایل دویدن تفاوت معناداری با آزمون شاخص GXT نداشت ($p = 0.092$). از نظر مقایسه میانگین درصد اکسیژن مصرفی بیشینه، اختلاف معناداری با آزمون GXT مشاهده نشد ($p = 0.381$). در مقایسه $Peak\ VO_2$ آزمونها، بین 5-RFT با حداکثر اکسیژن مصرفی همان آزمون تفاوت معناداری وجود نداشت ($p = 0.735$)، ولی درصد حداکثر ضربان قلب بیشینه آزمونهای 195 و PWC و $PWC212$ تفاوت معناداری با آزمون شاخص GXT نداشتند ($p = 0.449$). اما در مقایسه اکسیژن مصرفی به دست آمده از وات، این دو آزمون اختلاف معناداری با آزمون اوج وات نشان دادند. در مجموع نتایج به دست آمده نشان می دهد آزمون ۱ مایل دویدن، توان هوازی بیشینه نوجوانان پسر را مشابه آزمون نوارگردان GXT برآورد می کند.

واژگان کلیدی: توان هوازی بیشینه، نوجوانان، حداکثر اکسیژن مصرفی، آمادگی قلبی و تنفسی.

* E mail: b.tartibian@mail.urmia.ac.ir

مقدمه

است، بویژه در موارد مقایسه گروه یا افراد با یکدیگر یا ارزیابی برنامه های مختلف تمرینی (۳). اولین اندازه گیریهای توان هوازی بیشینه در ورزش، به حدود ۹۰ سال قبل برمی گردد که هربرت ولیندهارد^۱

توان هوازی بیشینه یکی از رایج ترین اندازه گیریها در فیزیولوژی ورزشی است که ظرفیت فرد را برای مصرف، انتقال، و دریافت اکسیژن بیان می کند. مقادیر واقعی و عینی حداکثر اکسیژن مصرفی از اهمیت فیزیولوژیکی و بالینی برخوردار

1. Herbert, R. and Lindhard, J

دیگر، پاره‌ای آزمونهای توان هوازی بیشینه، به دلیل انجام در مسافتهای طولانی یا زمان اجرای درازمدت یا شدتهای اولیه بالا، امکان اجرا و اتمام آزمونهای توان هوازی بیشینه را در بعضی نوجوانان فراهم نمی‌سازند و با محدودیت کاربردی مواجه‌اند (۲۳).

از سوی دیگر، آزمونهای برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی بزرگسالان از معیارهای مشخص برخوردارند. اما در مورد کودکان و نوجوانان محدودیتهایی وجود دارد که کاربرد آزمونها را مشکل می‌سازد. به همین سبب کلین و همکاران (۱۲) عنوان کرده‌اند به طور کلی، در اجرای آزمونهای توان هوازی بیشینه ۴ ویژگی اهمیت دارد: ۱. دقت و روایی برآورد، ۲. سادگی و سهولت اجرای پروتکل، ۳. حداقل صدمات و خطرات نسبی و احتمالی آزمودنیها و، ۴. کاربرد عمومی و جامع در گروه مورد مطالعه. در پژوهش حاضر نیز از روشهای غیرتهاجمی^۴ زیر استفاده شده است که از خصیصه‌های مذکور در ارزیابی آمادگی قلبی و عروقی دانش‌آموزان نوجوان برخوردارند (۱۵).

• **آزمون نوارگردان GXT**^۵. آزمونی با شدت کار فزاینده است. مستر^۶ (۱۹۲۹) از نخستین کسانی بود که روشی برای اجرای آن معرفی کرد. این آزمون را جورج^۷ و همکارانش (۱۹۹۶) توسعه دادند. آزمون نوارگردان GXT در نوجوانان از اعتبار $r = 0.84$ تا $r = 0.94$ و کاربرد مطلوبی برخوردار

(۱۹۱۵) انجام دادند (۱۰). از آن زمان به بعد آزمونهای متعدد زیربیشینه و بیشینه برای برآورد آمادگی قلبی و تنفسی^۱ توسعه یافتند تا روشهای ساده و معتبری را از برآورد توان هوازی بیشینه نشان دهند و به نوعی جایگزین مناسبی برای روش مستقیم اندازه‌گیری توان هوازی بیشینه باشند که مستلزم ابزار گرانقیمت، آزمونگرهای ماهر، پزشک ناظر، و صرف زمان زیاد برای تعداد محدودی آزمودنی است (۲۸).

آمادگی هوازی شاخص عملکرد ریوی، قلبی و عروقی، اجزای هماتولوژی تحویل اکسیژن، و سازوکارهای اکسیداسیون عضلات فعال (۹) است و ارتباط معکوسی با بیماریهای قلبی و عروقی دارد. آزمونهای ظرفیت هوازی، به طور رایج در مطالعات مقطعی و طولانی مدت به بررسی رابطه بیماریهای کرونری قلب و آمادگی قلبی و عروقی در بزرگسالان پرداخته‌اند، ولی بررسی این آزمونها در نوجوانان متفاوت (۱۳) و بحث‌انگیز است (۱۹)، زیرا معیار واقعی در تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی بر اساس نظریه تیلور و همکاران حصول به فلات در انتهای فعالیت فزاینده تا سر حد خستگی است (۱۷). در بچه‌ها و نوجوانان ممکن است این سطح از حداکثر اکسیژن مصرفی در بالاترین فشار کار^۲ مشاهده نشود (۲۱)؛ چنانکه پاتوسن^۳ (۱۹۸۱) گزارش کرد کمتر از ۵۰ درصد پسران نوجوان هنگام اجرای آزمون حداکثر اکسیژن مصرفی به فلات می‌رسند (۱۸). چنین نتیجه‌ای در خصوص دختران نیز گزارش شده است (۲۰).

ضعف برخی آزمونهای برآوردی در تعیین فلات و نیز عدم دستیابی نوجوانان به نقطه پایانی در حداکثر اکسیژن مصرفی، احتمالاً خطای اندازه‌گیری در توان هوازی بیشینه را افزایش می‌دهد (۲۷، ۱۹). از سوی

1. Cardiorespiratory Fitness (CRF)
2. Leveling-off
3. Paterson, D.H
4. Noninvasive
5. Maximal Graded Exercise Test Treadmill
6. Master
7. George, J.D

می‌شود که مقادیر کوچک‌تری از حداکثر اکسیژن مصرفی را برآورد می‌سازند، یا از آزمونهای طولانی‌مدت (بیش از ۱۰ دقیقه) که آنها نیز مقادیر غیرواقعی حداکثر اکسیژن مصرفی را تعیین می‌کنند (۵). این در حالی است که از ویژگیهای تحقیق حاضر بررسی، مقایسه، و طرح آزمونهای توان هوازی بیشینه‌ای است که فاقد چنین محدودیتی‌اند.

تاکنون تحقیقی گزارش نشده است که به بررسی آزمونهای برآورد توان هوازی بیشینه از نظر شاخصهای برآوردی آن آزمونها پرداخته شده باشد. بدین معنا که کدام آزمون واجد ویژگیهای اوج اکسیژن مصرفی، درصد حداکثر اکسیژن مصرفی، درصد ضربان قلب بیشینه، و حداکثر اکسیژن مصرفی بر پایه وات پیک در شاخصی کلی باشد. در پژوهش حاضر، علی‌رغم انتخاب آزمونهای کاملاً روا، وقتی به بررسی شاخصهای توان هوازی بیشینه هر آزمون می‌پردازیم، به نتایج تعجب‌آوری خواهیم رسید که در بخش نتایج و بحث به آنها اشاره خواهد شد. به علاوه در بسیاری از مطالعات، محققان توجه خود را فقط به اندازه‌گیری حداکثر اکسیژن مصرفی معطوف کرده‌اند، در صورتی که در نوجوانان پدیده فلات در اکسیژن مصرفی ممکن است با توجه به نوع آزمونها رخ ندهد. این نوع اندازه‌گیری واقع‌بینانه به نظر نمی‌رسد، لذا این سؤال اصلی تحقیق مطرح می‌شود که بر پایه شاخصهای برآورد توان هوازی بیشینه، کدام آزمونها، از ویژگیهای لازم برای برآورد توان هوازی بیشینه نوجوانان پسر برخوردارند؟ به همین علت هدف پژوهش حاضر،

است (۱۶، ۵)، به گونه‌ای که معیار مقایسه با سایر آزمونهاست (۹).

• آزمون میدانی و زیربیشینه ۱ مایل دویدن. آزمون رایجی است که توان هوازی بیشینه نوجوانان سالم را به طور دقیق ($r = 0.87$) و برآورد خطای استاندارد ۳ میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه) برآورد می‌کند. این آزمون را جورج و همکاران (۱۹۹۳) طرح کردند (۹).

• آزمون میدانی ۵ دقیقه دویدن. این آزمون حداکثر سرعت هوازی و ظرفیت عملکردی آزمودنی را حین دویدن در سطح هموار نشان می‌دهد. در این آزمون حداکثر سرعت هوازی^۱ به صورت عامل منفرد و شاخص کمی از عملکرد هوازی (ضریب همبستگی بین حداکثر سرعت هوازی و ۵ دقیقه دویدن $r = 0.94$) بررسی می‌شود (۲۶).

• آزمون دوچرخه کارسنج PWC^۲. استفاده از دوچرخه کارسنج پس از مطالعات آستواند^۳ و همکاران (۱۹۵۴) رایج شد. اما یکی از رایج‌ترین روشها در تعیین توان هوازی بیشینه کودکان و نوجوانان آزمونهای کارسنج PWC است. در این پژوهش از آزمونهای فزاینده PWC^{۱۹۵} و PWC^{۲۱۲} (PWC^{۱۸۰} تا $r = 0.85$) استفاده شد که برای نوجوانان پسر طراحی شده بود. در این نوع بخصوص از آزمونها، ضربان قلب و هزینه انرژی پایه در برآورد توان هوازی بیشینه اندازه‌گیری شده است (۹).

علی‌رغم مطالعات متعدد در بررسی توان هوازی بیشینه بزرگسالان، متأسفانه پژوهش در زمینه بررسی آمادگی قلبی-عروقی نوجوانان محدود است و در تحقیقات مختلف، نتایج متناقضی از ارزیابی آزمونها گزارش شده است (۱۳، ۱۷، ۱۹، ۲۳، ۲۷). همچنین در مطالعات توان هوازی بیشینه نوجوانان، معمولاً یا از آزمونهای کوتاه‌مدت (کمتر از ۴ دقیقه) استفاده

1. Maximal Aerobic Velocity (V_{max})
2. Physical Work Capacity
3. Astrand, P.O

انجام گرفت. بدین ترتیب، با بیان ماهیت پژوهش و جمع آوری رضایت‌نامه‌ها، تعداد ۶۰ دانش‌آموز پسر تندرست با دامنه سنی ۱۵ تا ۱۷ سال در این تحقیق شرکت کردند (جدول ۱).

دستیابی به نیم‌رخ عینی از توان هوازی بیشینه نوجوانان پسر است، که بر اساس شاخصهای برآورد توان هوازی بیشینه، $Peak\ VO_2$ ، VO_{2max} ، $Peak\ Watt$ و $HR_{max}\%$ و با مقایسه ۵ آزمون انجام گرفت.

روش‌شناسی

الف) آزمودنیها

ب) اندازه‌گیری و برآوردهای توان هوازی بیشینه

۱. اندازه‌گیری حداکثر اکسیژن مصرفی دانش‌آموزان پرسشنامه‌های تندرستی (۳) و فعالیت بدنی (رفرنس) هنجاریابی شده را تکمیل کردند و با فرایند تحقیق و نحوه انجام آزمونها آشنا شدند. اندازه‌گیری فشار خون سیستول و دیاستول با روش واسرمن (۲۹)، ضربان قلب استراحت و ضربان قلب برآوردی با روش وهوز (۲۸)، قد (سانتی‌متر)، وزن (کیلوگرم)، و سن (سال) با روش پی‌وارنیک (۱۹)، و رطوبت نسبی و درجه حرارت محیط با روش تانگ (۲۶) در وضعیت استراحت و مراحل مختلف تحقیق اندازه‌گیری شد. به منظور برآورد و مقایسه توان هوازی بیشینه، نوجوانان در ۵ آزمون زیر با فاصله

در این پژوهش با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی یکی از نواحی دوگانه آموزش و پرورش شهرستان ارومیه انتخاب شد. سپس با روش نمونه‌گیری خوشه‌ای، مدارس و نیز مقاطع تحصیلی (پایه‌های اول، دوم، و سوم دبیرستان) در هر مدرسه پسرانه مشخص شد و با استفاده از رابطه برآورد حجم نمونه (۲۵) در دامنه حدود اطمینان ۹۵ درصد حداقل نمونه‌های تحقیق تعیین شدند. همسان‌سازی آزمودنیها، بر اساس مطالعات گورن، فیلدز و همکاران^۱ (۸)، با استفاده از شاخصهای دامنه شاخص توده بدنی (25 ± 16 کیلوگرم / مترمربع) و دامنه ضربان قلب استراحت (74 ± 10 ضربان/دقیقه) (۱۱)

جدول ۱. ویژگیهای آنتروپومتر و فیزیولوژیک نوجوانان پسر

متغیر	آماره	میانگین	انحراف استاندارد
سن (سال)	۱۷	۰.۸۱۱	
قد (سانتی‌متر)	۱۸۴	۸.۱۷	
وزن (کیلوگرم)	۸۵	۱۰.۳۹	
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/مترمربع)	۲۰.۸۰	۳.۸۳	
ضربان قلب استراحت (ضربه/دقیقه)	۹۶	۸.۲۷	
ضربان قلب بیشینه برآوردی (ضربه/دقیقه)	۲۰۵	۰.۷۴۶	
فشار خون سیستول استراحت (میلی‌متر جیوه)	۱۲	۰.۹۶	
فشار خون دیاستول استراحت (میلی‌متر جیوه)	۸	۰.۹۵	
فشار خون سیستول فعالیت (میلی‌متر جیوه)	۲۰	۲.۳۷	
فشار خون دیاستول فعالیت (میلی‌متر جیوه)	۹	۱.۰۸	

1. Gorn Fields, M.

متناسب با نوجوانان، نایل شدن درصد بیشتر نوجوانان به فلات اکسیژن مصرفی، و حصول به درصد بیشتر شاخصهای برآورد توان هوازی بوده است (۱۷، ۳۰، ۳۱).

• **آزمون دوچرخه کارسنج PWC195.** این آزمون با کمک دوچرخه کارسنج مونارک (Ergometer C839E Monark) با قابلیت تنظیم و نشانگر مترونوم، ضربان قلب فعالیت و آنالیز (حداکثر اکسیژن مصرفی) و تنظیم ارتفاع صندلی متناسب با وضعیت هر آزمودنی اجرا شد. هر نوجوان ۳ مرحله ۳ دقیقه‌ای از فعالیت بدنی را با سرعت رکاب ۶۰ rpm تکمیل کرد. فشار کار اولیه بر حسب وزن آزمودنی ۳۰ تا ۶۰ وات تعیین شد. در دو مرحله دیگر آزمون، فشار کار فعالیت بر پایه ضربان قلب پایان مرحله اول، از ۳۰ تا ۶۰ وات افزایش پیدا کرد. ضربان قلب فعالیت در هر دقیقه از آزمون، با ضربان شمار مونارک کنترل و ثبت شد. بالاترین ظرفیت کار بدنی در این آزمون نزدیک شدن ضربان قلب آزمودنی به ضربان قلب ۱۹۵ ضربه/دقیقه بوده است. حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر/دقیقه) نوجوانان با استفاده از هزینه انرژی پایه (کیلو کالری) با دستگاه بیومگنتیک ایمپدانس Body Composition Analyzer 3.0 سنجش شد و ضربانهای قلب ثبت شده در آخرین دقیقه از هر دو مرحله برآورد گردید (۹).

• **آزمون دوچرخه کارسنج PWCgs212.** این آزمون توان هوازی بیشینه نوجوانان را بر اساس جنس و بیشینه ضربان قلب برآورد کرد. برای این منظور از دوچرخه کارسنج مونارک (Ergometer C839 Monark) با تنظیم ارتفاع

زمانی ۲ روز بین هر آزمون و در وقت صبح شرکت کردند.

• **آزمون نوارگردان GXT¹.** این آزمون روی نوارگردان (Clubtrak3.0, Quinton Instruments) با قابلیت افزایش شیب و سرعت انجام شد. نوجوانان پسر به منظور گرم کردن ۳ دقیقه روی نوارگردان با سرعت ۱/۲ مایل و با حداقل شیب راه رفتند. سپس با انتخاب خود، ۳ دقیقه را با سرعت بین ۴/۳ تا ۷/۵ مایل در ساعت و در حداقل شیب دویدند. از این مرحله به بعد در هر دقیقه شیب نوارگردان ۲/۵ درصد درجه و بدون تغییر سرعت آن افزایش یافت، تا اینکه آزمودنیها، علی‌رغم تشویق کلامی به سبب خستگی یا عدم تحمل فشار کار قادر به ادامه آزمون نبودند، یا حداکثر ضربان قلب فعالیت آنها بیشتر از ۹۵ درصد حداکثر ضربان قلب برآوردی منهای سن شد. در این وضعیت، اجرای آزمون با کم کردن بلافاصله سرعت و شیب نوارگردان و راه رفتن آزمودنی روی نوارگردان خاتمه یافت. مدت زمان اجرای آزمون تا سرحد خستگی، سرعت، و شیب نوارگردان ثبت شد و ضربان قلب فعالیت آزمودنیها را دستگاه ضربان شمار پولار در هر دقیقه از آزمون کنترل کرد (۲۸). در این تحقیق از آزمون ویژه GXT استفاده شد که یکی از آزمونهای استاندارد است که سایر آزمونهای توان هوازی بیشینه نوجوانان پسر با آن مقایسه می‌شوند. علت انتخاب این آزمون به عنوان پروتکل شاخص، استفاده آسان نوجوانان از آن، اعتبار بالای آن در برآورد نبض اکسیژن، افزایش متناسب شدت کار با توجه به ویژگیهای نوجوانان پسر، منظورکردن ضرایب و فاکتورهای وزن، جنس، تغییرات متناسب ضربان قلب، سوخت و ساز پایه، حداقل کم برآوردی و بیش برآوردی، طول مدت اجرای

1. Graded Exercise Test Treadmill
2. Gender-Specific Physical Work Capacity

• **آزمون میدانی ۵ دقیقه دویدن (5RFT)**.^۲ این آزمون در زمین ورزش دانشگاه (با مسافت حدود ۳۵۰ متر) در شرایط محیطی 27 ± 2 درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی 59 ± 5 درصد انجام گرفت. ابتدا از نوجوانان خواسته شد جهت گرم کردن خود مسافت ۳۵۰ متر را پیاده روی کنند. آنگاه آزمودنیها در مسیر ۳۵۰ متری، به مدت ۵ دقیقه و با حداکثر سرعت دویدند. همزمان با آغاز آزمون، زمان اجراء هر دور ثبت گردید. با پایان زمان ۵ دقیقه، اتمام آزمون با صدای سوت به آزمودنیها اعلام شد. ضربان قلب فعالیت (ضربان/دقیقه) با ضربان‌شمارهای پولار ثبت شد. بیشترین ضربان قلب در انتهای آزمون ضربان قلب اوج در نظر گرفته شد. سپس از مسافت پیموده شده در محاسبه حداکثر سرعت هوازی (km/h^{-1}) استفاده شد. در این آزمون حداکثر اکسیژن مصرفی نوجوانان از طریق تبدیل مقادیر حداکثر سرعت هوازی (VO_{\max}) و با استفاده از روابط لیگور^۳ و میروسیور^۴ به اوج اکسیژن مصرفی برآورد شد (۲۶).

۲. اندازه گیری و برآورد اوج اکسیژن مصرفی اوج اکسیژن مصرفی با استفاده از حداکثر اکسیژن مصرفی هر آزمون به دست آمد. در این روش پس از اندازه گیری و برآورد اکسیژن مصرفی بیشینه نوجوانان در هر آزمون، درصد حداکثر اکسیژن مصرفی در آن آزمون نیز محاسبه و برآورد شد. سپس با استفاده از مقادیر مذکور، اوج اکسیژن مصرفی آزمودنیها از پروتکل مربوط تعیین شد (۱).

صندلی برای هر آزمودنی استفاده شد. این آزمون از ۳ مرحله ۳ دقیقه‌ای با سرعت رکاب ۶۰ دور در دقیقه تشکیل شد. فشار کار در مرحله اول ۳۰ تا ۶۰ وات بر اساس وزن آزمودنی، و در مرحله دوم و سوم ۳۰ تا ۶۰ وات، بر پایه ضربان قلب آزمودنی در آخرین دقیقه مرحله اول تعیین شد. ضربان قلب در هر دقیقه از فعالیت با ضربان‌شمار دوچرخه مونا رک کنترل شد. بالاترین ظرفیت کار در این آزمون رسیدن ضربان قلب فعالیت به ۲۱۲ ضربان/دقیقه بود. بدین ترتیب، حداکثر اکسیژن مصرفی نوجوانان (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه) با در نظر گرفتن ضربان قلب فعالیت در دقیقه آخر مرحله دوم و سوم آزمون، VO_2 استراحتی و وات در دامنه ضربان قلب ۲۱۲ برآورد شد (۱۶).

• **آزمون ۱ مایل^۱ دویدن**. این آزمون در زمین ورزش دانشگاه (با مسافت تقریبی ۳۵۰ متر) در شرایط محیطی 27 ± 3 درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی 5 ± 49 درصد انجام شد. به منظور اجرای مطلوب آزمون، از نوجوانان خواسته شد با هدف گرم کردن، مسافت ۳۵۰ متر را به آهستگی راه بروند. سپس آزمودنیها با گامهای یکنواخت و سرعت زیربیشینه ثابتی که خود انتخاب کرده بودند مسافت ۱ مایل را دویدند. زمان دویدن از آغاز حرکت و نیز زمان اتمام هر دور و تعداد دورها برای افراد ثبت شد. ضربان قلب (ضربان/دقیقه) نیز با ضربان‌شمارهای پولار در هر دقیقه از زمان دویدن کنترل گردید. در این آزمون، بلافاصله پس از اتمام مسافت ۱ مایل، حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه) آزمودنیها با استفاده از مدت زمان پیموده شده (دقیقه/ثانیه)، ضربان قلب فعالیت، وزن آزمودنی (کیلوگرم)، و عامل جنس (مرد=۱) برآورد شد (۲۸).

1. 1-Mile Track Jog (TJ)
2. Five-Minute Running Field Test (5-RFT)
3. Leger
4. Mercier

انحراف میانگین تست مورد نظر از تست اصلی (شاخص) صورت گرفته است. این روش به منظور حذف احتمال اثر گذاری عوامل مختلف بر مقادیر حداکثر توان هوازی نوجوانان بوده است و نتایج زیر به دست آمد.

۱. مقایسه قدر مطلق میانگین انحرافات مقادیر بیشینه اکسیژن مصرفی آزمونه‌های PWC195، 212 و PWCgs، 5 دقیقه و 1 مایل دویدن با آزمون GXT. داده‌های جدول 2 و نمودار 1 ستونی انحرافات در فاصله اطمینان 95 درصد را نشان می‌دهد. در مقایسه 4 آزمون ورزشی با پروتکل GXT، بیشینه اکسیژن مصرفی برآوردی از آزمون میدانی 1 مایل دویدن تفاوت معناداری (1.15 ± 1.95 میلی لیتر، $p=0.092$) با آزمون GXT نداشت و این آزمون از نظر برآورد توان هوازی بیشینه نوجوانان مشابه آزمون شاخص است.

2. مقایسه قدر مطلق میانگین انحراف اوج اکسیژن مصرفی آزمونه‌های 5 دقیقه، 1 مایل، PWC195، 212 و PWCgs، و آزمون GXT، با اکسیژن مصرفی بیشینه هر آزمون. نمودار 2 ستونی انحرافات در فاصله

3. اندازه گیری درصد حداکثر اکسیژن مصرفی، درصد حداکثر ضربان قلب و وات پیک به منظور اندازه گیری درصد حداکثر اکسیژن مصرفی نوجوانان، از روش سوین¹ (1994) استفاده شد (1). درصد حداکثر ضربان قلب فعالیت نیز با روش واسرمن (1999) به دست آمد (29). همچنین اوج برون ده توان با روش هاولی و همکاران (1992) اندازه گیری و برآورد شد (10).

ج) تجزیه و تحلیل آماری

به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها ابتدا در هر آزمون شاخص استاندارد² معرفی شد. سپس قدر مطلق از شاخص استاندارد برای هر عامل به عنوان معیار انحراف از شاخص استاندارد محاسبه شد. از آزمونه‌های آماری تحلیل واریانس یک سویه، تی در نمونه‌های مستقل، Post Hoc LSD در تجزیه و تحلیل داده‌ها و تفسیر نتایج استفاده شد.

یافته‌ها

در این پژوهش آزمونه‌های آماری، بر اساس

جدول 2. شاخصهای توصیفی قدر مطلق میانگین انحراف حداکثر اکسیژن مصرفی آزمونه‌های PWC195، 212 و PWCgs، 5 دقیقه و 1 مایل دویدن از آزمون شاخص GXT (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه)

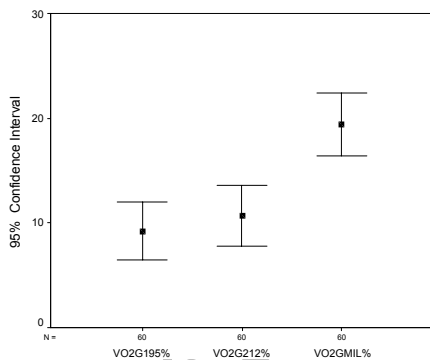
متغیر	آماره	بیشینه (میلی لیتر)	کمینه (میلی لیتر)	میانگین (میلی لیتر)	انحراف استاندارد (میلی لیتر)
اکسیژن مصرفی بیشینه GXT - PWC195	19,00	4,60	12,62	4,28	
اکسیژن مصرفی بیشینه GXT - PWC212	21,50	9,00	15,68	3,52	
اکسیژن مصرفی بیشینه GXT - 1 مایل	4,20	0,20	1,95	1,15	
اکسیژن مصرفی بیشینه GXT - 5 دقیقه	17,64	0,12	8,40	5,11	

1. David Swain

2. Gold Standard Test

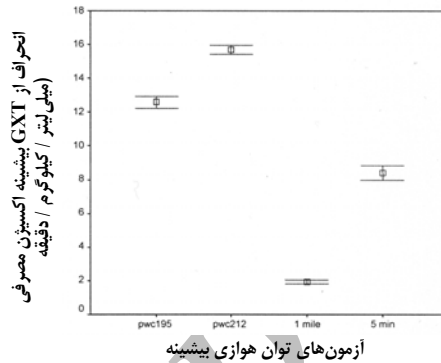
سال پانزدهم - شماره 1 (پیاپی 37) بهار 1386

۳. مقایسه میانگین درصد اکسیژن مصرفی بیشینه، آزمونهای ۱ مایل دویدن، PWC ۱۹۵، PWCs ۲۱۲ و GXT با درصد اکسیژن مصرفی و بیشینه آزمون شاخص GXT. شکل ۳ ستونی انحرافات در فاصله اطمینان ۹۵ درصد نشان می‌دهد که آزمون ۱ مایل دویدن (12.47 ± 67.47) میانگین درصد اکسیژن مصرفی بیشینه و برابر با 11.63 ± 51.21 میانگین اکسیژن مصرفی بیشینه به میلی‌لیتر) با آزمون شاخص GXT (11.90 ± 85.47) میانگین درصد اکسیژن مصرفی بیشینه و برابر با 1.97 ± 52.54 میانگین اکسیژن مصرفی بیشینه به میلی‌لیتر) از نظر برآورد درصد اکسیژن مصرفی بیشینه نوجوانان پسر و با توجه به حداکثر اکسیژن مصرفی به‌دست آمده از آزمون شاخص تفاوت معناداری ($p = 0.381$) رانداشت.



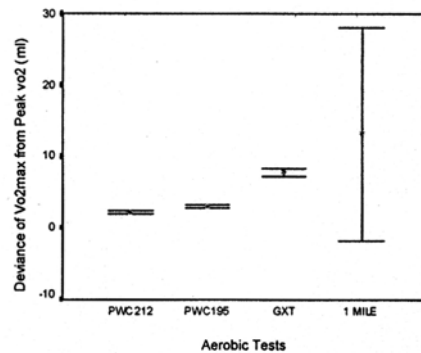
شکل ۳. مقایسه میانگین درصد اکسیژن مصرفی بیشینه آزمون های ۱ مایل دویدن، PWC ۱۹۵، PWCs ۲۱۲ و GXT نوجوانان پسر

۴. مقایسه قدر مطلق میانگین انحرافات درصد حداکثر ضربان قلب، آزمونهای ۱ مایل، PWC ۱۹۵، PWCs ۲۱۲ و GXT با آزمون استاندارد طلایی GXT. داده‌های جدول ۳ بر اساس قدر مطلق میانگین انحرافات نشان می‌دهد بین درصد حداکثر



شکل ۴. مقایسه قدر مطلق میانگین انحرافات اکسیژن مصرفی بیشینه (میلی لیتر / کیلوگرم / دقیقه) در آزمونهای توان هوازی بیشینه نوجوانان پسر

اطمینان ۹۵ درصد نشان می‌دهد که آزمون میدانی ۵ دقیقه دویدن در برآورد اوج اکسیژن مصرفی نوجوانان پسر، در مقایسه با مقادیر برآوردی بیشینه اکسیژن مصرفی خود (حداکثر اکسیژن مصرفی به‌دست آمده از پروتکل ۵ دقیقه دویدن) تفاوت معناداری ($p = 0.735$ ، میلی لیتر، 0.01) رانداشت.



شکل ۵. مقایسه قدر مطلق میانگین انحرافات آزمونهای اوج اکسیژن مصرفی نوجوانان پسر از بیشینه اکسیژن مصرفی همان آزمون (میلی لیتر / کیلوگرم / دقیقه)

آمده از وات دو آزمون PWC195 $\pm 3,59$ $\pm 7,03 =$ میانگین) و PWCs 212 $\pm 3,22$ $\pm 9,83 =$ (میانگین) با حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر) آزمون استاندارد طلایی (وات پیک) تفاوت معناداری وجود داشت.

بحث و نتیجه گیری

توان هوازی بیشینه، عموماً شاخص و روشی معتبر در برآورد تغییرات و وضعیت آمادگی قلبی-ریوی و اجزای هماتولوژی تحویل اکسیژن و سازوکارهای اکسیداتیو عضلات فعال است. نتایج

ضربانهای قلب به دست آمده از آزمونهای 195 PWC $\pm 3,21$ $\pm 9,80 =$ میانگین درصد حداکثر ضربانهای قلب)، PWCs 212 $\pm 64,3$ $\pm 97,20 =$ میانگین درصد حداکثر ضربانهای قلب)، و GXT (قلب) با پروتکل شاخص GXT تفاوت معناداری نداشت. اما تفاوت بین میانگین درصد حداکثر ضربان قلب آزمون 1 مایل دویدن ± 8 $\pm 80 =$ میانگین درصد حداکثر ضربانهای قلب) در مقایسه با آزمون شاخص معنادار بود.
5. مقایسه اکسیژن مصرفی و بیشینه به دست آمده

جدول 3. مقایسه قدر مطلق میانگین انحرافات درصد حداکثر ضربان قلب آزمونهای 1 مایل، PWC195، PWCs 212، و GXT با آزمون استاندارد طلایی در نوجوانان پسر

متغیر	آماره	اختلاف میانگین	سطح معناداری
اختلاف (درصد حداکثر ضربان قلب GXT - PWCs 212)		1,00	0,449
اختلاف (درصد حداکثر ضربان قلب GXT - PWC195)		6,55	0,001
اختلاف (درصد حداکثر ضربان قلب GXT - PWCs 212)		5,55	0,001

جدول 4. مقایسه قدر مطلق میانگین انحرافات اکسیژن مصرفی بیشینه (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه) در آزمونهای PWC195 و PWCs 212، با آزمون استاندارد طلایی (وات پیک) در نوجوانان پسر

آزمون تی برای برابری واریانسها	95٪ دامنه اطمینان		سطح معناداری
	بیشینه	کمینه	
	3/4	1,56	0,001

پژوهش حاضر نشان داد در مقایسه قدر مطلق میانگین انحرافات مقادیر بیشینه اکسیژن مصرفی در آزمونهای ارگومتری، PWC195، PWCs 212، 5 دقیقه دویدن و 1 مایل دویدن با آزمون ورزشی GXT، حداکثر اکسیژن مصرفی به دست آمده از

از وات دو آزمون PWC195 و PWCs 212 با آزمون شاخص وات پیک. داده های جدول 4 بر اساس قدر مطلق میانگین انحرافات و آزمون تی در گروههای مستقل نشان می دهد بین اکسیژن مصرفی و بیشینه (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه) به دست

تردید قرار می‌دهد (۲۶).

در پژوهش حاضر، ویژگیهای تشکیل‌دهندهٔ آزمون ۱ مایل، تقریباً مشابه آزمون GXT بود، چنانکه می‌توان به ضربان قلب استیدی استیت فعالیت (ضربان/دقیقه)، وزن آزمودنیها (کیلوگرم)، و جنس آزمودنیها (پسران = ۱) اشاره کرد (۳۱). از سوی دیگر علی‌رغم وجود تفاوت در شدت اجرای آزمون GXT با آزمون ۱ مایل دویدن، عدم اختلاف آزمون ۱ مایل را با GXT می‌توان به معادلات مربوط به دو پروتکل نیز نسبت داد (۳۱). بنابراین در برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی، به منظور کاهش هزینه‌ها و سهولت اجرا و صرفه‌جویی زمانی و دقت بالای اندازه‌گیری، آزمون ۱ مایل دویدن برای پسران نوجوان توصیه می‌شود.

نتایج این پژوهش در خصوص مقایسهٔ میانگین انحراف اوج اکسیژن مصرفی^۱ در آزمونهای GXT، PWC۱۹۵، PWC۲۱۲، ۱ مایل و ۵ دقیقه با اکسیژن مصرفی بیشینه همان آزمون نشان داد که آزمون میدانی ۵ دقیقه دویدن (۰/۰۰۱ میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه، $p=0.735$) در برآورد اوج اکسیژن مصرفی نوجوانان پسر، هنگامی که با مقادیر برآوردی حداکثر اکسیژن مصرفی خود آزمون ۵ دقیقه مقایسه می‌شد تفاوت معناداری نداشت. بدین ترتیب که بین Peak VO₂ آزمون ۵ دقیقه دویدن و حداکثر اکسیژن مصرفی آزمون ۵ دقیقه دویدن اختلاف وجود ندارد. در حالی که بین اوج اکسیژن مصرفی PWC۱۹۵ با بیشینهٔ اکسیژن مصرفی ۱۹۵ PWC (۱/۷۶ ± ۳/۰۸ میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه)، و اوج اکسیژن مصرفی PWC۲۱۲ با حداکثر اکسیژن مصرفی PWC۲۱۲ (۲/۱۶ ± ۱/۸۵ میلی‌لیتر/کیلوگرم

آزمون ۱ مایل دویدن، با آزمون GXT تفاوت معناداری (۱/۱۵ ± ۱/۹۵ میلی‌لیتر، $p=0.092$) نشان داد، و این آزمون توان هوازی بیشینهٔ نوجوانان پسر را مشابه با آزمون شاخص GXT برآورد کرد. اما قدر مطلق میانگین انحراف در آزمونهای ارگومتری (۴/۲۸ ± ۱۲/۶۲ میلی‌لیتر = PWC۱۹۵ و ۳/۵۲ ± ۱۵/۶۸ PWC۲۱۲) و آزمون میدانی ۵ دقیقه دویدن (۵/۱۱ ± ۸/۴۰ میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه) معنادار بود.

متأسفانه تحقیقی که از چنین روش و آزمونهایی برای برآورد توان هوازی بیشینهٔ نوجوانان پسر استفاده کند گزارش نشده است. اما کمپر (۱۹۹۱) برآورد حداکثر توان هوازی بیشینه با آزمون GXT در پسران ۱۲ تا ۲۳ ساله را روشی معتبر و عینی گزارش کرد. این محقق تأکید کرد در آزمون GXT مخصوص نوجوانان تعداد بیشتری از آزمودنیهای نوجوان به فلات می‌رسند (۱۱).

در آزمونهایی دویدن ۱ مایل نیز فایده بورانی و همکاران (۶)، گریگور و همکاران (۹)، فردریکسن و همکاران (۷)، و لارسن و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند چون کار مکانیکی انجام شده در حین اجرای آزمون ۱ مایل، به دلیل درگیری واحدهای حرکتی اضافه‌تر بیشتر است، مقادیر واقعی تری از حداکثر اکسیژن مصرفی را (در سطح آزمون GXT) برآورد می‌سازد. اما برآورد این شاخص از طریق آزمونهایی ارگومتری PWC از پراکندگی چشمگیری (۱۰ تا ۱۵٪) برخوردار بوده است (۲۱). علی‌رغم همبستگی بالای آزمون ۵ دقیقه با حداکثر اکسیژن مصرفی ($r=0.50$ تا $r=0.90$) نوجوانان پسر، ضعف احتمالی آزمودنیها در حفظ سرعت دویدن در شدتی برابر با اوج ضربان قلب، حصول به فلات حداکثر اکسیژن مصرفی را مورد

1. Peak VO₂

دارند. به عبارت دیگر، اوج آنها به حداکثر اکسیژن مصرفی خودشان بسیار نزدیک است. اما در آزمون ۱ مایل این تفاوت بسیار است و مقادیر اوج اکسیژن مصرفی بسیار پایین تر از مقادیر حداکثر اکسیژن مصرفی آن است، زیرا این اختلاف زیاد به علت زیربیشینه بودن این پروتکل بوده است و برای برآورد اوج اکسیژن مصرفی، آزمون مناسبی نیست.

اما نکته جالب توجه آن است که در آزمون ۵ دقیقه، اوج اکسیژن مصرفی به دست آمده با حداکثر اکسیژن مصرفی یکسان است. لذا، در شاخصهای اوج اکسیژن مصرفی، پروتکل ۵ دقیقه برآورد دقیق و مطلوبی از اوج اکسیژن مصرفی نشان می دهد. لذا برای اندازه گیری و برآورد آن، آزمون ۵ دقیقه دوییدن توصیه و پیشنهاد می شود.

نتایج تحقیق حاضر در مقایسه میانگین درصد اکسیژن مصرفی و بیشینه آزمونهای ارگومتری ۱۹۵ PWC و PWC۲۱۲، نوارگردان GXT، و ۱ مایل دوییدن با آزمون شاخص GXT نشان داد آزمون ۱ مایل دوییدن از نظر برآورد درصد حداکثر اکسیژن مصرفی $(12.47 \pm 0.67\%)$ و برابر 1.63 ± 0.31 میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه اکسیژن مصرفی بیشینه) با درصد حداکثر اکسیژن مصرفی آزمون شاخص GXT $(11.90 \pm 0.85, 47\%)$ و برابر با $1.97 \pm 0.52, 54$ میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه) تفاوت معناداری ($p=0.381$) نداشت. بدین ترتیب که آزمون ۱ مایل با درصد حداکثر اکسیژن مصرفی پایین تر، مقادیر بالاتری از اکسیژن مصرفی بیشینه نوجوانان پسر برآورد می کرد.

متأسفانه چنین الگو و روش پژوهشی که به مقایسه درصد حداکثر اکسیژن مصرفی با آزمون شاخص در نوجوانان پسر بپردازد گزارش نشده است. بررسی منابع علمی مربوط نشان داده است با

/ دقیقه)، و اوج اکسیژن مصرفی GXT با حداکثر اکسیژن مصرفی (6.50 ± 0.79) میلی لیتر / کیلوگرم / دقیقه)، و اوج اکسیژن مصرفی ۱ مایل با حداکثر اکسیژن مصرفی ۱ مایل (6.28 ± 0.57) میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه) تفاوت معناداری وجود داشت.

متأسفانه پژوهشی که چنین روش و آزمونهایی را برای مقایسه اوج اکسیژن مصرفی و حداکثر اکسیژن مصرفی هر آزمون در نوجوانان پسر به کار برده باشد تاکنون گزارش نشده است. ولی مکموری و همکاران (۱۶)، اوج اکسیژن مصرفی پسران را در آزمون ارگومتری PWC۱۹۵ و در ضربان قلب 12 ± 183 برابر 1.1 ± 37.7 میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه، و در آزمون GXT برای همان آزمودنیها و در ضربان قلب 8 ± 194 برابر 6 ± 48.1 میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه، و در آزمون PWC۲۱۲ برابر 3.3 ± 44.6 میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه گزارش کرد.

مایکل و همکاران (۲۲) از روش اندازه گیری اوج اکسیژن مصرفی برای ارزیابی توان هوازی ورزشکاران جوان استفاده کردند. در این نوع آزمون، درگیری واحدهای حرکتی بیشتر است و اطلاعات ارزشمندی از اندازه گیری توان هوازی بیشینه نوجوانان به دست می آید (۷). بررسی منابع علمی نشان داده است اوج اکسیژن مصرفی هر آزمون از حداکثر اکسیژن مصرفی آن آزمون پایین تر است. اما ارتباط خطی بین اوج اکسیژن مصرفی و حداکثر اکسیژن مصرفی ($p=0.97$) مورد تأکید محققان است (۴، ۱۰).

در پژوهش حاضر، در مقایسه اوج اکسیژن مصرفی و حداکثر اکسیژن مصرفی هر پروتکل متوجه می شویم آزمونهای PWC۱۹۵ و PWC۲۱۲ از نظر دو متغیر مذکور با یکدیگر اختلاف اندکی

در تحقیق حاضر برای نخستین بار از آزمون‌های روا که مخصوص پسران نوجوان بود، و از نظر مدت زمان اجرای آزمون، محدودیت آزمونهای درازمدت و کوتاه‌مدت را نداشت، استفاده شد. جلوگیری از افت انگیزش آزمودنیها در تحمل و ادامه آزمونها از ویژگیهای پروتکل‌های مذکور بوده است (۹). همچنین نتایج پژوهش حاضر در مقایسه قدر مطلق میانگین انحرافات اکسیژن مصرفی و بیشینه به دست آمده از وات دو آزمون PWC۱۹۵ و PWC۲۱۲ با آزمون شاخص وات پیک نشان داد بین مقادیر اکسیژن مصرفی و بیشینه (میلی لیتر / کیلوگرم / دقیقه) به دست آمده از وات آزمون PWC۱۹۵ (۷/۰۳±۳/۵۹ میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه) و PWC۲۱۲ (۹/۸۳±۳/۲۲ میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه) با حداکثر اکسیژن مصرفی آزمون شاخص وات پیک تفاوت معناداری وجود داشت. این دو آزمون اکسیژن مصرفی بیشینه را با بیش تخمینی و کم تخمینی برآورد کردند.

از آنجا که هر دو پروتکل ارگومتری PWC برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی را از وات به دست می‌آورند (۱۲ میلی لیتر به ازای هر وات) و با توجه به اینکه حداکثر وات اعمال شده در این دو آزمون ۱۸۰ وات است (شدت پایین کار)، در نتیجه این آزمونها برآورد دقیق و صحیحی از حداکثر اکسیژن مصرفی نوجوانان پسر به علت پایین بودن شدت کار نشان نمی‌دهند. لذا، هنگامی که این دو آزمون با پروتکل وات پیک که شدت کار آن بر اساس استاندارد ۳/۳۳ وات به ازای ۵ کیلوگرم به عنوان شدت کار اولیه و محاسبه وات فینال طراحی شده است مقایسه می‌شوند، اختلاف مقادیر نشان‌دهنده، اشکال در آزمونهای PWC است.

چون در تحقیق حاضر حداکثر اکسیژن مصرفی

افزایش درصد حداکثر اکسیژن مصرفی به حداکثر اکسیژن مصرفی نزدیک می‌شویم (۱۴). اما در پژوهش حاضر، این نتیجه به دست آمد که آزمون ورزشی که درصد شدت و فعالیت آن (درصد حداکثر اکسیژن مصرفی) پایین تر باشد، ولی معادله آن پروتکل، برآورد دقیق تری از حداکثر اکسیژن مصرفی را نسبت به آزمون استاندارد طلایی نشان دهد، مناسب و رواست، به طوری که آزمودنی با شدت کار پایین تر (درصد حداکثر اکسیژن مصرفی پایین تر) و بدون تحمل فشار کار بیشینه، به مقادیر واقعی تری (بالتر) از حداکثر اکسیژن مصرفی دست می‌یابد.

در این تحقیق، آزمون ۱ مایل دویدن چنین ویژگی ای داشت (۸). نتایج این پژوهش نشان داد در مقایسه قدر مطلق میانگین انحرافات درصد حداکثر ضربان قلب آزمونهای ۱ مایل دویدن، آزمونهای ارگومتری و آزمون نوارگردان GXT با آزمون استاندارد طلایی، بین درصد حداکثر ضربان قلب آزمونهای PWC۱۹۵ (۳/۲۱±۹۵/۸۰) و PWC۲۱۲ (۶۴/۳±۹۷/۲) و GXT (۸/۷±۹۱/۸) تفاوت معناداری وجود نداشت، چنانکه درصد فشار کار در این سه آزمون، نسبت به آزمون زیربیشینه ۱ مایل دویدن در سطح بالاتری قرار داشت.

ولر و همکاران (۳۰) و گری لارسن و همکاران (۱۳) اهمیت کاربرد درصد حداکثر ضربان قلب را در برآورد روایی و خطای برآورد توان هوازی بیشینه نوجوانان گزارش کردند. اما در آزمونهای ارزیابی توان هوازی بیشینه، حصول نوجوانان پسر به حداکثر درصد ضربان قلب هنوز هم مورد جدل پژوهشگران است. چنانچه سوان و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند درصد حداکثر ضربان قلب نمی‌تواند معادل با درصد حداکثر اکسیژن مصرفی باشد (۲۴).

بیشینه نوجوانان را برآورد می‌کند. به علاوه، آزمون ۵ دقیقه دویدن، آزمون بسیار مناسب و روا جهت برآورد اوج اکسیژن مصرفی نوجوانان پسر هنگامی است که با حداکثر اکسیژن مصرفی همان آزمون مقایسه می‌شود. ولی، هنگامی که درصد فشار کار یا درصد حداکثر ضربان قلب فعالیت مورد نظر باشد، آزمونهای ارگومتری PWC195 و PWC212 در نیل به ضربانهای قلب بالاتر مورد توجه قرار می‌گیرد. اما تحمل سطح بالای ضربانات قلب برای کودکان و نوجوانان در حین اجرای آزمونهای توان هوازی بیشینه هنوز مورد بحث و جدال است. از آن گذشته، آزمونهای ارگومتری PWC195 و PWC212، در مقایسه با آزمون استاندارد وات پیک، حداکثر اکسیژن مصرفی نوجوانان پسر را با کم تخمینی و بیش تخمینی برآورد می‌سازند.

حاصل از آزمونهای PWC با حداکثر اکسیژن مصرفی حاصل از آزمون استاندارد طلایی وات پیک تفاوت معناداری داشت، بنابر این دو آزمون مذکور با کم و بیش تخمینی همراه‌اند. متأسفانه پژوهشی که به چنین مقایسه‌ای در نوجوانان پسر پردازد و از الگوی پیک وات استفاده کند گزارش نشده است. ولی، هاولی و همکاران (۱۹۹۲) ارتباط خطی بین حداکثر اکسیژن مصرفی و وات پیک را گزارش کردند (۱۰).

در مجموع یافته‌های تحقیق، شواهدی را نشان می‌دهد که آزمون ۱ مایل دویدن، توان هوازی بیشینه نوجوانان پسر را با دقت زیاد و مشابه آزمون GXT برآورد می‌کند. همچنین این آزمون مطلوبی را معرفی می‌کند که با درصد حداکثر اکسیژن مصرفی کمتر، مقادیر بالاتری از اکسیژن مصرفی

منابع

۱. ترتیبیان، بختیار، و مهدی خورشیدی، ۱۳۸۵. برآورد شاخصهای فیزیولوژیک در ورزش (ازمایشگاهی - میدانی). چاپ اول، تیمورزاده، تهران.
2. Armstrong, N., J.R. Welsman, A.M. Nevil, & B.J. Kirby (1999). "Modeling Growth and Maturation Changes in Peak Oxygen Uptake in 11- 12 yr olds". *J Appl Physiol.* (87): 2230-2236.
3. Duncan, G. E., E.T. Howley, & B.N. Johnson (1997). "Applicability of VO_{2max} Criteria: Discontinuous Versus Continuous Protocols". *Med Sci Sports Exerc.* (29): 273-278.
4. Eisenmann, J.C., J.M. Pivarnik, & R.M. Malina (2001). "Scaling Peak VO_2 to Body Mass in Young Male and Female Distance Runners". *J Appl Physiol.* (90): 2172-80.
5. e Sliva, O. B. & D.C. Sobral Filho (2003). "A New Proposal to Guide Velocity and Inclination in the Ramp Protocol for the Treadmill Ergometer". *Arq Bras Cardiol.* (81): 524-32.
6. Fabio, Borrani, Robin Candau, Stephane Perrey, Guilanme Y. Millet, et al. (2003). "Does the Mechanical Work in Running Change During the VO_2 Slow Component?". *Med Sci Sports Exerc.* (35): 550-579.
7. Fredriksen, P.M. and Thaulow (1998). "Aerobic Capacity in Children and Adolescents- Nordic Results over the Past 45 Years". *Tidsskr Nor laegeforen.* (118): 3106-10.
8. Gorn, M., D.A. Fields, G.R. Hunter, S.L. Herd, & R.L. Weinsier (2000). "Total Body Fat Does Not Influence Maximal Aerobic Capacity". *International Journal of Obesity.* (24): 841-848.
9. Gregor J. Welk, Charles B. Corbin & Darren Dale. (1993). "Measurement Issue in the Assessment of Physical Activity in Children". *Research Quarterly for Exercise and sport.* (71): 59-73.
10. Hawley, Johan , A. Noakes, & D. Timothy (1992). "Peak Power Output Predicts Maximal Oxygen Uptake and Performance Time in Trained Cyclists". *Eur J Appl Physiol.* (65): 79-83.
11. Kemper, HC. (1991). "Sources of Variation in Longitudinal Assessment of Maximal Aerobic Power in Teenage Boys and Girls: The Amsterdam Growth and Health Study". *Human Bio.* (63): 533-43.
12. Kline, G.M., J.P. Porcari, & R. Hintermeister (1993). "Estimation of VO_{2max} from a One Mile Track Walk, Gender, Age, and Body Weight". *Med Sci Sports Exerc.* (19): 253-259.
13. Larsen, G. E., J.D. George, J.L. Alexander, G.W. Fellingham, S.G. Aldana, & A.C. Parcell (2002). "Prediction of Maximum Oxygen Consumption from Walking, Jogging or Running". *Research Quarterly for Exercise and Sport.* (73): 66-72.
14. Lazzer, S., Y. Boirie, A. Bitar, I. Petit, M. Meyer, & M. Vermorel (2005). "Relationship between Percentage of VO_{2max} and Type of Physical Activity in Obese and None-Obese Adolescents". *J Sports Med Phys Fitness.* (45): 13-19.
15. Lockwood, P. A., J.E. Yoder, & P.A. Deuster (1997). "Comparison and Cross-Validation of Cycle Ergometry Estimates of VO_{2max} ". *Med Sci Sports Exerc.* (29): 1513-1520.
16. Memurray, R. G., W.K. Guion, B.E. Ainsworth, & J.S. Harrell (1998). "Predicting Aerobic Power in Children". *J Sports Med Phys Fitness.* (38): 227-33
17. Myers, J., D. Walsh, N. Buchanan, & V.F. Froelicher (1989). "Can Maximal Cardiopulmonary Capacity be Recognized by a Plateau in Oxygen Uptake?" *Chest.* (96): 1312-12.
18. Paterson, D. H., D.A. Cunningham, & A. Donner (1981). "The Effect of Different Treadmill Speeds on the Variability of VO_{2max} in Children". *Eue J Appl Physiol.* (47): 113-122.
19. Pivarnik, J. M., M.C. Dwyer, & M.A. Lauderdale (1996). "The Reliability of Aerobic Capacity (VO_{2max}) Testing in Adolescent Girls". *Research Quarterly for Exercise and Sport.* (67): 345-348.
20. Pivarnik, J. M., J.E. Fulton, W.E. Taylor, & S.A. Sinder (1993). "Aerobic Capacity in Black Adolescent Girls". *Research Quarterly for Exercise and Sport.* (64): 202-207.
21. Rowland, T. W. (1993). "Aerobic Exercise Testing Protocols". *Pediatric Laboratory Exercise Testing: Clinical Guidelines.* (pp. 19-41). Champaign, IL: Human Kinetics.
22. Saunders, M.J., E.M. Evans, S. Arngrimsson, J.D. Allison., & K.J. Curenton (2003). "Endurance Training Reduce End-Exercise VO_2 and Muscle Use during Submaximal Cycling". *Med Sci Sports Exerc.* (35): 257-262.
23. Siconolfi, S. F., E.M. Cullinane, R.A. Carleton, & P.D. Thompson (1982). "Assessing VO_{2max} in Epidemiologicstudies: Modification of the Astrand-Ryhming Test". (14): 335-338.
24. Swain , D.P., & B.C. Leutholtz (1997). "Heart Rate Reserve Is Equivalent to % VO_2 Reserve, not to % VO_{2max} ". *Med Sci Sports Exerc.* (29): 410-414.
25. Thomas, J. R. & J.K. Nelson (1990). *Research Methods in Physical Activity.* 2th ed , Chmpaign: Human Kinetics. pp. 129-178.

26. Tong, T. K. & B.C. Chow (2001). "Reliability of a 5- min Running Field Test and Its Accuracy in VO_{2max} Evaluation". *J Sports Med Phys Fitness*. (41): 318-23.
27. Turley, K. R. & J.H. Wilmore (1997). "Cardiovascular Responses to Treadmill and Cycle Ergometer Exercise in Children and Adults". (83): 984-957.
28. Vehrs, P., D. George, & G.W. fellingham (1998). "Prediction of VO_{2max} , During and After 16 Weeks of Endurance Training". *Research Quarterly for Exercise and Sport*. (69): 297-303.
29. Wasserman, G. (1999). *Principles of Exercise Testing and Interpration*. 3rd , Lippincol: William, Wilkins.
30. Weller, I.M., S.G.Thomas, P.N. Corey, & M.H. Cox (1992). "Selection of a Maximal Test Protocol to Validate the Canadian Aerobic Fitness Test". *Can J Sports Sci*. (17): 154.
31. Zwiren, LD., P.S. Freedson, W. Sharon, & J.M. Rippe (1991). "Estimation of VO_{2max} : A Comparative Analysis of Five Exercise Tests". *Research Quarterly for Exercise and sport*. (62): 73-78.

Archive of SID