المپیک
فصلنامه
سال پانزدهم – شماره ۱ (پیاپی ۳۷) بهار ۱۳۸۶

تاریخ دریافت: ۸۵/۳/۳۱
تاریخ تصویب: ۸۵/۱۰/۱۲

برآورد شاخصهای توان هوازی بیشینهٔ نوجوانان: مقایسهٔ پنج پروتکل

❖ **دکتر بختیار ترتیبیان**؛ استادیار گروه تربیت‌بدنی دانشگاه ارومیه *
❖❖ **اصغر عباسی**؛ کارشناس‌ارشد تربیت بدنی
❖❖❖ **مهدی خورشیدی**؛ کارشناس‌ارشد تربیت بدنی

چکیده: در تحقیق حاضر، ۶۰ نوجوان پسر (سن: ۰/۸۱۱ ±۱۷ سال، قد: ۸/۱۷ ± ۱۸۴ سانتی‌متر، وزن: ۱۰/۳۹ ± ۸۵ کیلوگرم، و شاخص تودهٔ بدنی ۳/۸۳ ± ۲۰/۸۰) در پژوهش شرکت کردند. به منظور برآورد توان هوازی بیشینه (VO_{2max}، Peak VO_2، VO_{2max} %، %MHR ، و VO_{2max} بر پایهٔ Peak W)، نوجوانان آزمونهای مخصوص نوارگردان GXT، ارگومتر PWC۱۹۵ و PWC۲۱۲، 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 بیشینهٔ اکسیژن مصرفی به‌دست آمده از آزمونها، آزمون ۱ مایل دویدن تفاوت معناداری با آزمون شاخص GXT نداشت ($p = ۰/۰۹۲$). از نظر مقایسهٔ میانگین درصد اکسیژن مصرفی بیشینه، اختلاف معناداری با آزمون GXT مشاهده نشد ($p = ۰/۳۸۱$). در مقایسهٔ Peak VO_2 آزمونها، بین 5-RFT با حداکثر اکسیژن مصرفی همان آزمون تفاوت معناداری وجود نداشت ($p = ۰/۷۳۵$)، ولی درصد حداکثر ضربان قلب بیشینهٔ آزمونهای ۱۹۵ PWC و PWC۲۱۲ تفاوت معناداری با آزمون شاخص GXT نداشتند ($p = ۰/۴۴۹$). اما در مقایسهٔ اکسیژن مصرفی به‌دست آمده از وات، این دو آزمون اختلاف معناداری با آزمون اوج وات نشان دادند. در مجموع نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهند آزمون ۱ مایل دویدن، توان هوازی بیشینهٔ نوجوانان پسر را مشابه آزمون نوارگردان GXT برآورد می‌کند.

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

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

مقدمه

توان هوازی بیشینه یکی از رایج‌ترین اندازه‌گیریها در فیزیولوژی ورزشی است که ظرفیت فرد را برای مصرف، انتقال، و دریافت اکسیژن بیان می‌کند. مقادیر واقعی و عینی حداکثر اکسیژن مصرفی از اهمیت فیزیولوژیکی و بالینی برخوردار است، بویژه در موارد مقایسهٔ گروه یا افراد با یکدیگر یا ارزیابی برنامه‌های مختلف تمرینی(۳). اولین اندازه‌گیریهای توان هوازی بیشینه در ورزش، به حدود ۹۰ سال قبل برمی‌گردد که **هربرت ولیندهارد**[1]

1. Herbert, R. and Lindhard, J

(۱۹۱۵) انجام دادند (۱۰). از آن زمان به بعد آزمونهای متعدد زیربیشینه و بیشینه برای برآورد **آمادگی قلبی و تنفسی**[1] 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 طولانی‌مدت به بررسی رابطهٔ 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 نظریهٔ 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**[2] مشاهده نشود (۲۱)؛ چنانکه **پاترسن**[3] (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 نقطهٔ پایانی در حداکثر اکسیژن مصرفی، احتمالاً خطای اندازه‌گیری در توان هوازی بیشینه را افزایش می‌دهد (۲۷، ۱۹). از سوی دیگر، پاره‌ای آزمونهای توان هوازی بیشینه، به دلیل انجام در مسافتهای طولانی یا زمان اجرای درازمدت یا شدتهای اولیهٔ 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 **غیر تهاجمی**[4] زیر استفاده شده است که از خصیصه‌های مذکور در ارزیابی آمادگی قلبی و عروقی دانش‌آموزان نوجوان برخوردارند (۱۵).

● **آزمون نوارگردان GXT**[5]. آزمونی با شدت کار فزاینده است. **مستر**[6] (۱۹۲۹) از نخستین کسانی بود که روشی برای اجرای آن معرفی کرد. این آزمون را **جورج**[7] و همکارانش (۱۹۹۶) توسعه دادند. آزمون نوارگردان GXT در نوجوانان از اعتبار ($r = ۰/۸۴$ تا $r = ۰/۹۴$) و کاربرد مطلوبی برخوردار

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

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

● آزمون میدانی و زیربیشینهٔ ۱ مایل دویدن. آزمون رایجی است که توان هوازی بیشینهٔ نوجوانان سالم را به طور دقیق (r =۰/۸۷ و برآورد خطای استاندار 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**[1] به صورت عامل منفرد و شاخص کمی از عملکرد هوازی (ضریب همبستگی بین حداکثر سرعت هوازی و ۵ دقیقه دویدن r=۰/۹۴) بررسی می‌شود (۲۶).

● آزمون دوچرخهٔ کارسنج **PWC**[2]. استفاده از دوچرخهٔ کارسنج پس از مطالعات **آستراند**[3] و همکاران (۱۹۵۴) رایج شد. اما یکی از رایج‌ترین روشها در تعیین توان هوازی بیشینهٔ کودکان و نوجوانان آزمونهای کارسنج PWC است. در این پژوهش از آزمونهای فزایندهٔ PWC۱۹۵ و ۲۱۲ PWCGS (r =۰/۸۰ تا r =۰/۸۵) استفاده شد که برای نوجوانان پسر طراحی شده بود. در این نوع بخصوص از آزمونها، ضربان قلب و هزینهٔ انرژی پایه در برآورد توان هوازی بیشینه اندازه‌گیری شده است (۹).

علی‌رغم مطالعات متعدد در بررسی توان هوازی بیشینهٔ بزرگسالان، متأسفانه پژوهش در زمینهٔ 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 بیشینهٔ نوجوانان، معمولاً یا از آزمونهای کوتاه‌مدت (کمتر از ۴ دقیقه) استفاده 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 پایهٔ وات پیک در شاخصی کلی باشد. در پژوهش حاضر، علی‌رغم انتخاب آزمونهای کاملاً روا، وقتی به بررسی شاخصهای توان هوازی بیشینهٔ 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 پدیدهٔ 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 پایهٔ شاخصهای برآورد توان هوازی بیشینه، کدام آزمونها، از ویژگیهای لازم برای برآورد توان هوازی بیشینهٔ نوجوانان پسر برخوردارند؟ به همین علت هدف پژوهش حاضر،

1. Maximal Aerobic Velocity (Vamax)
2. Physical Work Capacity
3. Astrand, P.O

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

روش‌شناسی

الف) آزمودنیها

در این پژوهش با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی یکی از نواحی دوگانهٔ 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 مدرسهٔ پسرانهٔ مشخص شد و با استفاده از رابطهٔ برآورد حجم نمونه (۲۵) در دامنهٔ حدود اطمینان ۹۵ درصد حداقل نمونه‌های تحقیق تعیین شدند. همسان‌سازی آزمودنیها، بر اساس مطالعات گورن، **فیلدز و همکاران**[1] (۸)، با استفاده از شاخصهای دامنهٔ شاخص تودهٔ بدنی (۲۵±۱۶ کیلوگرم / مترمربع) و دامنهٔ ضربان قلب استراحت (۷۴±۱۰۶ضربان/دقیقه) (۱۱) انجام گرفت. بدین ترتیب، با بیان ماهیت پژوهش و جمع‌آوری رضایت‌نامه‌ها، تعداد ۶۰ دانش‌آموز پسر تندرست با دامنهٔ سنی ۱۵ تا ۱۷ سال در این تحقیق شرکت کردند (جدول ۱).

ب) اندازه‌گیری و برآوردهای توان هوازی بیشینه

۱. اندازه‌گیری حداکثر اکسیژن مصرفی

دانش‌آموزان پرسشنامه‌های تندرستی (۳) و فعالیت بدنی (رفرنس) هنجاریابی‌شده را تکمیل کردند و با فرایند تحقیق و نحوهٔ 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 درجهٔ حرارت محیط با روش تانگ (۲۶) در وضعیت استراحت و مراحل مختلف تحقیق اندازه‌گیری شد. به منظور برآورد و مقایسهٔ توان هوازی بیشینه، نوجوانان در ۵ آزمون زیر با فاصلهٔ

جدول ۱. ویژگیهای آنتروپومتری 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 تودهٔ بدنی (کیلوگرم/ مترمربع)	۲۰/۸۰	۳/۸۳
ضربان قلب استراحت (ضربه/دقیقه)	۹۶	۸/۲۷
ضربان قلب بیشینهٔ 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.

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

● آزمون نوارگردان **GXT**[1]. این آزمون روی نوارگردان (Clubtrak3.0, Quinton Instruments) با قابلیت افزایش شیب و سرعت انجام شد. نوجوانان پسر به منظور گرم‌کردن 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 ادامهٔ 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 کم‌کردن بلافاصلهٔ سرعت و شیب نوارگردان و راه‌رفتن 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 ویژهٔ GXT استفاده شد که یکی از آزمونهای استانداردی است که سایر آزمونهای توان هوازی بیشینهٔ نوجوانان پسر با آن مقایسه می‌شوند. علت انتخاب این آزمون به عنوان پروتکل شاخص، استفادهٔ 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 کم‌برآوردی و بیش‌برآوردی، طول مدت اجرای متناسب با نوجوانان، نایل‌شدن درصد بیشتر نوجوانان به فلات اکسیژن مصرفی، و حصول به درصد بیشتر شاخصهای برآورد توان هوازی بوده است (۱۷، ۳۰، ۳۱).

● آزمون دوچرخهٔ کارسنج PWC۱۹۵. این آزمون با کمک دوچرخهٔ 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 مرحلهٔ 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 مرحلهٔ دیگر آزمون، فشار کار فعالیت بر پایهٔ ضربان قلب پایان مرحلهٔ 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 نزدیک‌شدن ضربان قلب آزمودنی به ضربان قلب ۱۹۵ ضربه/ دقیقه بوده است. حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر/دقیقه) نوجوانان با استفاده از هزینهٔ انرژی پایه (کیلوکالری) با دستگاه بیومگنتیک ایمپدانس Body Composition Analizer 3.0 سنجش شد و ضربانهای قلب ثبت شده در آخرین دقیقه از هر دو مرحله برآورد گردید (۹).

● **آزمون دوچرخهٔ کارسنج PWCGs۲۱۲**[2]. این آزمون توان هوازی بیشینهٔ نوجوانان را بر اساس جنس و بیشینهٔ ضربان قلب برآورد کرد. برای این منظور از دوچرخهٔ کارسنج مونارک (Ergometer C839 Monark) با تنظیم ارتفاع

1. Graded Exercise Test Treadmill

2. Geneder-Specific Physical Work Capacity

صندلی برای هر آزمودنی استفاده شد. این آزمون از ۳ مرحلهٔ ۳ دقیقه‌ای با سرعت رکاب ۶۰ دور در دقیقه تشکیل شد. فشار کار در مرحلهٔ اول ۳۰ تا ۶۰ وات بر اساس وزن آزمودنی، و در مرحلهٔ دوم و سوم ۳۰ تا ۶۰ وات، بر پایهٔ ضربان قلب آزمودنی در آخرین دقیقهٔ مرحلهٔ اول تعیین شد. ضربان قلب در هر دقیقه از فعالیت با ضربان‌شمار دوچرخهٔ مونارک کنترل شد. بالاترین ظرفیت کار در این آزمون رسیدن ضربان قلب فعالیت به ۲۱۲ ضربان/دقیقه بود. بدین ترتیب، حداکثر اکسیژن مصرفی نوجوانان (میلی‌لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه) با در نظر گرفتن ضربان قلب فعالیت در دقیقهٔ آخر مرحلهٔ دوم و سوم آزمون، Vo_2 استراحتی و وات در دامنهٔ ضربان قلب ۲۱۲ برآورد شد (۱۶).

• **آزمون ۱ مایل**[1] دویدن. این آزمون در زمین ورزش دانشگاه (با مسافت تقریبی ۳۵۰ متر) در شرایط محیطی ۳± ۲۷ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵ ± ۴۹ 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 زیربیشینهٔ 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 ضربان شمارهای پولار در هر دقیقه از زمان دویدن کنترل گردید. در این آزمون، بلافاصله پس از اتمام مسافت ۱ مایل، حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه) آزمودنیها با استفاده از مدت زمان پیموده‌شده (دقیقه/ ثانیه)، ضربان قلب فعالیت، وزن آزمودنی (کیلوگرم)، و عامل جنس (مرد=۱) برآورد شد (۲۸).

• آزمون میدانی ۵ دقیقه **دویدن (5RFT)**[2]. این آزمون در زمین ورزش دانشگاه (با مسافت حدود ۳۵۰ متر) در شرایط محیطی ۲ ± ۲۷ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵± ۵۹ درصد انجام گرفت. ابتدا از نوجوانان خواسته شد جهت گرم کردن خود مسافت ۳۵۰ متر را پیاده‌روی کنند. آنگاه آزمودنیها در مسیر ۳۵۰ متری، به مدت ۵ دقیقه و با حداکثر سرعت دویدند. همزمان با آغاز آزمون، زمان اجرا در 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 پیموده‌شده در محاسبهٔ 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 لیگر**[3] و **میرسیر**[4] به اوج اکسیژن مصرفی برآورد شد (۲۶).

۲. اندازه‌گیری و برآورد اوج اکسیژن مصرفی

اوج اکسیژن مصرفی با استفاده از حداکثر اکسیژن مصرفی هر آزمون به دست آمد. در این روش پس از اندازه‌گیری و برآورد اکسیژن مصرفی بیشینهٔ 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).

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

۳. اندازه‌گیری درصد حداکثر اکسیژن مصرفی، درصد حداکثر ضربان قلب و وات پیک

به منظور اندازه‌گیری درصد حداکثر اکسیژن مصرفی نوجوانان، از **روش سوین**[1] (۱۹۹۴) استفاده شد (۱). درصد حداکثر ضربان قلب فعالیت نیز با روش واسرمن (۱۹۹۹) به‌دست آمد (۲۹). همچنین اوج برون‌ده توان با روش هاولی و همکاران (۱۹۹۲) اندازه‌گیری و برآورد شد (۱۰).

ج) تجزیه و تحلیل آماری

به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها ابتدا در هر آزمون **شاخص استاندارد**[2] معرفی شد. سپس قدر مطلق از شاخص استاندارد برای هر عامل به عنوان معیار انحراف از شاخص استاندارد محاسبه شد. از آزمونهای آماری تحلیل واریانس یک‌سویه، تی در نمونه‌های مستقل، Post Hoc LSD در تجزیه و تحلیل داده‌ها و تفسیر نتایج استفاده شد.

یافته‌ها

در این پژوهش آزمونهای آماری، بر اساس انحراف میانگین تست مورد نظر از تست اصلی (شاخص) صورت گرفته است. این روش به منظور حذف احتمال اثرگذاری عوامل مختلف بر مقادیر حداکثر توان هوازی نوجوانان بوده است و نتایج زیر به دست آمد.

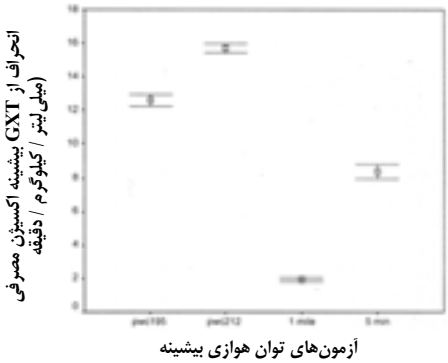
۱. مقایسهٔ قدر مطلق میانگین انحرافات مقادیر بیشینهٔ اکسیژن مصرفی آزمونهای PWC۱۹۵، ۲۱۲ PWCGs، ۵ دقیقه و ۱ مایل دویدن با آزمون GXT. داده‌های جدول ۲ و نمودار ۱ ستونی انحرافات در فاصلهٔ اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد. در مقایسهٔ ۴ آزمون ورزشی با پروتکل GXT، بیشینهٔ اکسیژن مصرفی برآوردی از آزمون میدانی ۱ مایل دویدن تفاوت معناداری ($۱٫۱۵ \pm ۱٫۹۵$ میلی‌لیتر، $p = ۰٫۰۹۲$) با آزمون GXT نداشت و این آزمون از نظر برآورد توان هوازی بیشینهٔ نوجوانان مشابه آزمون شاخص است.

۲. مقایسهٔ قدرمطلق میانگین انحراف اوج اکسیژن مصرفی آزمونهای ۵دقیقه، ۱ مایل، PWC۱۹۵، ۲۱۲ PWCGs، و آزمون GXT، با اکسیژن مصرفی بیشینهٔ هر آزمون. نمودار ۲ ستونی انحرافات در فاصلهٔ

جدول ۲. شاخصهای توصیفی قدر مطلق میانگین انحراف حداکثر اکسیژن مصرفی آزمونهای PWC۱۹۵، PWCGs۲۱۲، ۵ دقیقه و ۱ مایل دویدن از آزمون شاخص GXT (میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه)

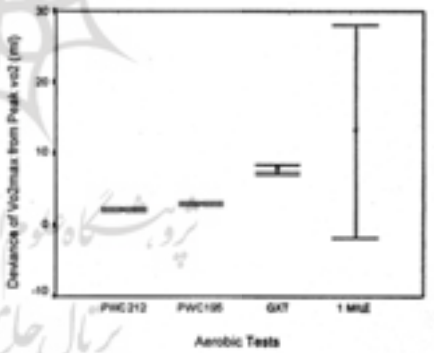
آماره / متغیر	بیشینه (میلی‌لیتر)	کمینه (میلی‌لیتر)	میانگین (میلی‌لیتر)	نحراف استاندارد (میلی‌لیتر)
اکسیژن مصرفی بیشینهٔ PWC۱۹۵ – GXT	۱۹٫۰۰	۴٫۶۰	۱۲٫۶۲	۴٫۲۸
اکسیژن مصرفی بیشینهٔ PWC۲۱۲ – GXT	۲۱٫۵۰	۹٫۰۰	۱۵٫۶۸	۳٫۵۲
اکسیژن مصرفی بیشینهٔ GXT – ۱ مایل	۴٫۲۰	۰٫۲۰	۱٫۹۵	۱٫۱۵
اکسیژن مصرفی بیشینهٔ GXT – ۵ دقیقه	۱۷٫۶۴	۰٫۱۲	۸٫۴۰	۵٫۱۱

1. David Swain
2. Gold Standard Test



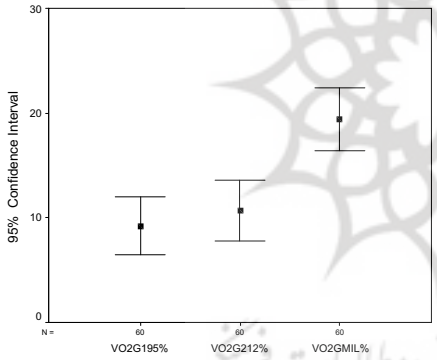
شکل ۱. مقایسهٔ قدر مطلق میانگین انحرافات اکسیژن مصرفی بیشینه (میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه) در آزمونهای توان هوازی بیشینهٔ نوجوانان پسر

اطمینان ۹۵ درصد نشان می‌دهد که آزمون میدانی ۵ دقیقه دویدن در برآورد اوج اکسیژن مصرفی نوجوانان پسر، در مقایسه با مقادیر برآوردی بیشینهٔ اکسیژن مصرفی خود (حداکثر اکسیژن مصرفی به‌دست آمده از پروتکل ۵ دقیقه دویدن) تفاوت معناداری (۰٫۰۰۱ میلی‌لیتر، p=۰٫۷۳۵) را نداشت.



شکل ۲. مقایسهٔ قدر مطلق میانگین انحرافات آزمونهای اوج اکسیژن مصرفی نوجوانان پسر از بیشینهٔ اکسیژن مصرفی همان آزمون (میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه)

۳. مقایسهٔ میانگین درصد اکسیژن مصرفی بیشینه، آزمونهای ۱ مایل دویدن، PWC ۱۹۵، PWCGs۲۱۲، و GXT با درصد اکسیژن مصرفی و بیشینهٔ آزمون شاخص GXT. شکل ۳ ستونی انحرافات در فاصلهٔ اطمینان ۹۵ درصد نشان می‌دهد که آزمون ۱ مایل دویدن (۶۷٫۴۷ ± ۱۲٫۴۷= میانگین درصد اکسیژن مصرفی بیشینه و برابر با ۵۱٫۲۱±۱٫۶۳ = میانگین اکسیژن مصرفی بیشینه به میلی‌لیتر) با آزمون شاخص GXT (۸۵٫۴۷ ± ۱۱٫۹۰ میانگین درصد اکسیژن مصرفی بیشینه و برابر با ۱٫۹۷ ± ۵۲٫۵۴ = میانگین اکسیژن مصرفی بیشینه به میلی‌لیتر) از نظر برآورد درصد اکسیژن مصرفی بیشینهٔ نوجوانان پسر و با توجه به حداکثر اکسیژن مصرفی به‌دست آمده از آزمون شاخص تفاوت معناداری (p = ۰٫۳۸۱) را نداشت.



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

۴. مقایسهٔ قدر مطلق میانگین انحرافات درصد حداکثر ضربان قلب، آزمونهای ۱ مایل، PWC۱۹۵، PWCGs۲۱۲، و GXT با آزمون استاندارد طلایی GXT. داده‌های جدول ۳ بر اساس قدر مطلق میانگین انحرافات نشان می‌دهد بین درصد حداکثر

ضربانهای قلب به‌دست آمده از آزمونهای ۱۹۵ PWC (۳٫۲۱±۹۵٫۸۰= میانگین درصد حداکثر ضربانهای قلب)، PWCGs۲۱۲ (۶۴٫۳ ± ۹۷٫۲۰ = میانگین درصد حداکثر ضربانهای قلب)، و GXT (۸٫۷± ۹۱٫۸= میانگین درصد حداکثر ضربانهای قلب) با پروتکل شاخص GXT تفاوت معناداری نداشت. اما تفاوت بین میانگین درصد حداکثر ضربان قلب آزمون ۱ مایل دویدن (۸±۸۰ = میانگین درصد حداکثر ضربانهای قلب) در مقایسه با آزمون شاخص معنادار بود.

۵. مقایسهٔ اکسیژن مصرفی و بیشینهٔ به‌دست آمده از وات دو آزمون PWC۱۹۵ (۳٫۵۹ ± ۷٫۰۳ = میانگین) و PWCGs ۲۱۲ (۳٫۲۲ ± ۹٫۸۳= میانگین) با حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر) آزمون استاندارد طلایی (وات پیک) تفاوت معناداری وجود داشت.

بحث و نتیجه‌گیری

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

جدول ۳. مقایسهٔ قدر مطلق میانگین انحرافات درصد حداکثر ضربان قلب آزمونهای ۱ مایل، PWC۱۹۵ ، PWCGs۲۱۲، و GXT با آزمون استاندارد طلایی در نوجوانان پسر

متغیر / آماره	اختلاف میانگین	سطح معناداری
اختلاف (درصد حداکثر ضربان قلب PWCGs ۲۱۲ -GXT)	۱٫۰۰	۰٫۴۴۹
اختلاف (درصد حداکثر ضربان قلب PWC۱۹۵ - GXT)		
اختلاف (درصد حداکثر ضربان قلب GXT - ۱مایل دویدن)	۶٫۵۵	۰٫۰۰۱
اختلاف (درصد حداکثر ضربان قلب PWC۱۹۵ - GXT)		
اختلاف (درصد حداکثر ضربان قلب PWCGs ۲۱۲ -GXT)	۵٫۵۵	۰٫۰۰۱

جدول ۴. مقایسهٔ قدر مطلق میانگین انحرافات اکسیژن مصرفی بیشینه (میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه) در آزمونهای PWC۱۹۵ و PWCGs۲۱۲ ، با آزمون استاندارد طلایی (وات پیک) در نوجوانان پسر

	۹۵٪ دامنهٔ اطمینان		اختلاف میانگین	سطح معناداری
آزمون تی برای برابری واریانسها	بیشینه	کمینه		
	۳/۴	۱٫۵۶	۲٫۸۰	۰٫۰۰۱

از وات دو آزمون PWC۱۹۵ و PWCGs۲۱۲ با آزمون شاخص وات پیک. داده‌های جدول ۴ بر اساس قدر مطلق میانگین انحرافات و آزمون تی در گروههای مستقل نشان می‌دهد بین اکسیژن مصرفی و بیشینهٔ (میلی‌لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه) به‌دست

پژوهش حاضر نشان داد در مقایسهٔ قدر مطلق میانگین انحرافات مقادیر بیشینهٔ اکسیژن مصرفی در آزمونهای ارگومتری، PWC۱۹۵، PWC۲۱۲، ۵ دقیقه دویدن و ۱ مایل دویدن با آزمون ورزشی GXT، حداکثر اکسیژن مصرفی به‌دست آمده از

آزمون ۱ مایل دویدن، با آزمون GXT تفاوت معناداری (۱٫۱۵ ± ۱٫۹۵ میلی‌لیتر، p =۰٫۰۹۲) نشان نداد، 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 آزمونهای دویدن ۱ مایل نیز فابیو 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 واقعی‌تری از حداکثر اکسیژن مصرفی را (در سطح آزمون GXT) برآورد می‌سازد. اما برآورد این شاخص از طریق آزمونهای ارگومتری PWC از پراکندگی چشمگیری (۱۰ تا ۱۵٪) برخوردار بوده است (۲۱). علی‌رغم همبستگی بالای آزمون ۵ دقیقه با حداکثر اکسیژن مصرفی (r =۰٫۵۰ تا r =۰٫۹۰) نوجوانان پسر، ضعف احتمالی آزمودنیها در حفظ سرعت دویدن در شدتی برابر با اوج ضربان قلب، حصول به فلات حداکثر اکسیژن مصرفی را مورد 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**[1] 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 =۰٫۷۳۵) 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 VO_2 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(۱٫۸۵±۲٫۱۶میلی‌لیتر / کیلوگرم

1. Peak VO2

/ دقیقه)، و اوج اکسیژن مصرفی GXT با حداکثر اکسیژن مصرفی GXT (۶٫۵۰ ± ۷٫۷۹ میلی‌لیتر / کیلوگرم / دقیقه)، و اوج اکسیژن مصرفی ۱ مایل با حداکثر اکسیژن مصرفی ۱ مایل (۶٫۲۸ ± ۱۶٫۵۷ میلی‌لیتر/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 نشده‌است. ولی مکموری و همکاران (۱۶)، اوج اکسیژن مصرفی پسران را در آزمون ارگومتری PWC۱۹۵ و در ضربان قلب ۱۲ ± ۱۸۳ برابر ۱٫۱ ± ۳۷٫۷ میلی‌لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه، و در آزمون GXT برای همان آزمودنیها و در ضربان قلب ۸ ± ۱۹۴ برابر ۶ ± ۴۸٫۱ میلی‌لیتر/ کیلوگرم/دقیقه، و در آزمون PWC۲۱۲ برابر ۵٫۳ ± ۴۴٫۶ میلی‌لیتر/ کیلوگرم/دقیقه گزارش کرد.

مایکل و همکاران (۲۲) از روش اندازه‌گیری اوج اکسیژن مصرفی برای ارزیابی توان هوازی ورزشکاران جوان استفاده کردند. در این نوع آزمون، درگیری واحدهای حرکتی بیشتر است و اطلاعات ارزشمندی از اندازه‌گیری توان هوازی بیشینهٔ نوجوانان به دست می‌آید (۷). بررسی منابع علمی نشان داده است اوج اکسیژن مصرفی هر آزمون از حداکثر اکسیژن مصرفی آن آزمون پایین‌تر است. اما ارتباط خطی بین اوج اکسیژن مصرفی و حداکثر اکسیژن مصرفی (p =۰٫۹۷) مورد تأکید محققان است (۴، ۱۰).

در پژوهش حاضر، در مقایسهٔ اوج اکسیژن مصرفی و حداکثر اکسیژن مصرفی هر پروتکل متوجه می‌شویم آزمونهای PWC۱۹۵ و PWC۲۱۲ از نظر دو متغیر مذکور با یکدیگر اختلاف اندکی دارند. به‌عبارت 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 پایین‌تر 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 نکتهٔ 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 می‌دهد. لذا برای اندازه‌گیری و برآورد آن، آزمون ۵ دقیقه دویدن توصیه و پیشنهاد می‌شود.

نتایج تحقیق حاضر در مقایسهٔ میانگین درصد اکسیژن مصرفی و بیشینهٔ آزمونهای ارگومتری ۱۹۵ PWC و PWC۲۱۲، نوارگردان GXT، و ۱ مایل دویدن با آزمون شاخص GXT نشان داد آزمون ۱ مایل دویدن از نظر برآورد درصد حداکثر اکسیژن مصرفی (۱۲٫۴۷٪ ± ۶۷٫۴۷٪ و برابر ۱٫۶۳ ± ۵۲٫۳۱ میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه اکسیژن مصرفی بیشینه) با درصد حداکثر اکسیژن مصرفی آزمون شاخص GXT (۱۱٫۹۰ ± ۸۵٫۴۷٪ و برابر با ۱٫۹۷ ± ۵۲٫۵۴ میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه) تفاوت معناداری (p =۰٫۳۸۱) نداشت. بدین ترتیب که آزمون ۱ مایل با درصد حداکثر اکسیژن مصرفی پایین‌تر، مقادیر بالاتری از اکسیژن مصرفی بیشینهٔ نوجوانان پسر برآورد می‌کرد.

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

افزایش درصد حداکثر اکسیژن مصرفی به حداکثر اکسیژن مصرفی نزدیک می‌شویم (۱۴). اما در پژوهش حاضر، این نتیجه به‌دست آمد که آزمون ورزشی که درصد شدت و فعالیت آن (درصد حداکثر اکسیژن مصرفی) پایین‌تر باشد، ولی معادلهٔ آن پروتکل، برآورد دقیق‌تری از حداکثر اکسیژن مصرفی را نسبت به آزمون استاندارد طلایی نشان دهد، مناسب و رواست، به طوری که آزمودنی با شدت کار پایین‌تر (درصد حداکثر اکسیژن مصرفی پایین‌تر) و بدون تحمل فشار کار بیشینه، به مقادیر واقعی‌تری (بالاتر) از حداکثر اکسیژن مصرفی دست می‌یابد.

در این تحقیق، آزمون ۱ مایل دویدن چنین ویژگی‌ای داشت (۸). نتایج این پژوهش نشان داد در مقایسهٔ 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 زیربیشینهٔ 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 بیشینهٔ 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).

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 ادامهٔ آزمونها از ویژگیهای پروتکلهای مذکور بوده است (۹). همچنین نتایج پژوهش حاضر در مقایسهٔ قدر مطلق میانگین انحرافات اکسیژن مصرفی و بیشینهٔ به‌دست آمده از وات دو آزمون PWC۱۹۵ و PWC۲۱۲ با آزمون شاخص وات پیک نشان داد بین مقادیر اکسیژن مصرفی و بیشینهٔ (میلی‌لیتر / کیلوگرم / دقیقه) به دست آمده از وات آزمون PWC۱۹۵ (۳٫۵۹±۷٫۰۳ میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه) و PWC۲۱۲ (۳٫۲۲ ± ۹٫۸۳ میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه) با حداکثر اکسیژن مصرفی آزمون شاخص وات پیک تفاوت معناداری وجود داشت. این دو آزمون اکسیژن مصرفی بیشینه را با بیش‌تخمینی و کم‌تخمینی برآورد کردند.

از آنجا که هر دو پروتکل ارگومتری PWC برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی را از وات به دست می‌آورند (۱۲ میلی‌لیتر 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 محاسبهٔ وات فینال طراحی شده است مقایسه می‌شوند، اختلاف مقادیر نشان‌دهنده، اشکال در آزمونهای PWC است.

چون در تحقیق حاضر حداکثر اکسیژن مصرفی

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 بپردازد 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 بیشینهٔ نوجوانان پسر را با دقت زیاد و مشابه آزمون GXT برآورد می‌کند. همچنین این آزمون آزمون مطلوبی را معرفی می‌کند که با درصد حداکثر اکسیژن مصرفی کمتر، مقادیر بالاتری از اکسیژن مصرفی بیشینهٔ نوجوانان را برآورد می‌کند. به‌علاوه، 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 PWC۱۹۵ و PWC۲۱۲ 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 PWC۱۹۵ و PWC۲۱۲، در مقایسه با آزمون استاندارد وات پیک، حداکثر اکسیژن مصرفی نوجوانان پسر را با کم‌تخمینی و بیش‌تخمینی برآورد می‌سازند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

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, Guillanme 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 Influnce 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. **Mcmurray, 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 Tredmill 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.**

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی